



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS  
CURSO DE *DESIGN*

**REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL  
PARA DESENVOLVIMENTO DE REVESTIMENTOS  
BIOINSPIRADOS**

Carolina Frota Meneguel

Lajeado, novembro de 2019

Carolina Frota Meneguel

## **REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA DESENVOLVIMENTO DE REVESTIMENTOS BIOINSPIRADOS**

Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso de Design, da Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES, como parte da exigência para obtenção do título de Bacharel em Design.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Silvia Trein  
Heimfarth Dapper

Lajeado, novembro de 2019

Carolina Frota Meneguel

## **REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA DESENVOLVIMENTO DE REVESTIMENTOS BIOINSPIRADOS**

A banca abaixo aprova a monografia apresentada na disciplina de Conclusão de Curso II na linha de formação específica em Design, da Universidade do Vale do Taquari UNIVATES, como parte da exigência para obtenção do título de Bacharel em Design:

Prof<sup>a</sup>. Dr. Silvia Trein Heimfarth Dapper -  
Orientadora - Universidade do Vale do Taquari -  
UNIVATES

Prof<sup>a</sup>. Ma. Raquel Barcelos de Souza - Banca  
Examinadora - Universidade do Vale do Taquari -  
UNIVATES

Prof. Me. Bruno da Silva Teixeira - Banca  
Examinadora - Universidade do Vale do Taquari -  
UNIVATES

Lajeado, novembro de 2019

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço primeiramente aos meus pais que possibilitaram a oportunidade de cursar e concluir uma graduação, a minha família, ao meu namorado e minha amiga, que sempre estiveram me apoiando e incentivando a nunca desistir dos meus sonhos e objetivos. Além disso, por sempre ficarem ao meu lado e me ampararem para passar por momentos difíceis e de ansiedade, sempre com muito amor, carinho e compreensão.

A minha orientadora, Dra. Silvia Trein Heimfarth Dapper, pela qual tenho grande admiração e tenho como exemplo de profissional e de pessoa. Agradeço por ter acreditado neste projeto com tanto carinho, pela assessoria e dedicação muito antes do mesmo começar a ser desenvolvido.

Gratifico a todos os professores da UNIVATES que participaram e colaboraram durante o decorrer desses anos para meu crescimento, tanto profissional, quanto pessoal. Além de tudo, aos profissionais do Laboratório de Tecnologia da Construção da UNIVATES que sempre me receberam com muita atenção, disposição e me auxiliaram durante o decorrer deste projeto.



## RESUMO

A indústria da construção civil é, em qualquer sociedade, o setor responsável pelo consumo do maior volume de recursos naturais, e também, por grandes impactos ambientais devido à ausência de conhecimentos sobre as finalidades e destinação que pode-se dar a estes materiais, e até mesmo, por irregularidades nos processos de construção. Atualmente, a preocupação com a escassez dos recursos naturais e a adoção de políticas sustentáveis ganham cada vez mais espaço, assim como, conceitos de *design* sustentável, os quais consistem no planejamento de produtos em todas as fases, sendo socialmente equitativos, ecologicamente corretos e economicamente viáveis. Sendo assim, o objetivo geral deste trabalho consistiu em desenvolver um novo material utilizando os resíduos de argamassa e concreto desperdiçados na construção civil, para aplicação em novos revestimentos decorativos, visando a sustentabilidade e reduzindo o impacto ambiental. Para isso, aplicou-se conhecimentos da biônica, por meio da análise de elementos naturais e seus processos de adaptação ao meio, como fonte de solução de problemas e metodologia criativa. Desta forma, foi elaborado um programa experimental, a partir de visita a uma obra na cidade de Guaporé – RS, para a coleta, seleção e classificação de resíduos. Foram realizadas moldagens de corpos-de-prova de argamassa com três traços diferentes, uma mistura base, outra mistura com substituição de areia por resíduo em 50%, e mistura com substituição de areia por resíduo em 100%, para a determinação do material com as melhores propriedades. Foram executados ensaios de caracterização dos corpos-de-prova com o intuito de verificar resistência a tração e compressão, e também, os ensaios de granulometria e massa específica. Após as análises, deu-se início a geração de alternativas para o desenvolvimento de revestimento bioinspirado, sendo que o elemento natural escolhido foi uma orquídea do gênero *Paphiopedilum acmodontum* e outra do gênero *Zygopetalum crinitum*. Após a criação dos revestimentos, foram gerados arquivos tridimensionais que puderam ser impressos em 3D. As impressões 3D serviram de modelo para a fabricação dos moldes em borracha de silicone azul PS. Ao final do trabalho, são apresentados os resultados obtidos através dos ensaios de caracterização e da metodologia da etapa criativa, proporcionando assim, um destino ecologicamente sustentável para os resíduos e, além disso, buscando inovação para o mercado de revestimentos.

**Palavras-chave:** *Design*. Reaproveitamento de resíduos da construção civil. Argamassa e concreto. Biônica. Revestimento bioinspirado.

## ABSTRACT

The building sector in any society is responsible for the consumption of the largest volume of natural resources and it is also known for the great environmental impacts that it causes, due to the lack of knowledge about the applications and destinations that can be given to these materials, and even for irregularities in the construction processes. Concerns about the scarcity of natural resources and the use of sustainable policies are becoming increasingly important, together with sustainable design concepts, which consist of product planning at all stages, being socially equitable, ecologically sound and economically viable. Therefore, this study aims to develop a new material using mortar and concrete waste from the construction process, for application in new 3D decorative coatings, aiming for sustainability and reducing the environmental impact. In addition, the use of bionics, analyzing the natural elements and their processes of adaptation to the environment, as a source of problem solving and creative methodology. Through the elaboration of an experimental program, a construction site visit was carried out in the city of Guaporé-RS where waste was collected, selected and classified. In addition, were also molded specimens with three different mix designs, a base mixture, a mixture with 50% of the sand being replaced by mortar and concrete waste and a mixture where 100% of the sand was replaced by mortar and concrete waste, in order to determine the mix design with the best properties. In addition, tests were carried out to determine the consistency index, characterize the specimens and to verify tensile and compressive strength. Tests of particle size distribution and specific weight. Finally, the bionics-based methodology for the creative stage and its design phases, with the natural element being the orchid. After analyzing the results and determining the best material, blue adhesive PS molds were made from the bioinspiration element, thus providing an ecologically sustainable destination for the waste and, furthermore, seeking innovation for the coatings market.

**Keywords:** Design. Reuse of construction waste. Mortar and concrete. Bionics. Bio-inspired coating.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - concentração de usinas de reciclagem por estado, nas quais são realizadas reciclagem, separação e adaptação dos resíduos. ....	31
Figura 2 - Design sustentável. ....	32
Figura 3 – Aspectos fundamentais do desenvolvimento de produtos somando o design sustentável. ....	33
Figura 4 – Exemplificação de unidade de padronagem. ....	36
Figura 5 - Exemplificação de repetição. ....	36
Figura 6 - Interação entre superfície, volume e objeto. ....	37
Figura 7 - Projeto Algues (2004) dos designers Ronan e Erwan Bouroullec. ....	37
Figura 8 – Processo de Design Thinking. ....	38
Figura 9 – Exemplo de produto de design inserido na construção civil, Tê de Redução Aquatherm®. ....	39
Figura 10 - Revestimentos cerâmicos. ....	40
Figura 11 - Exemplos de azulejos e aplicações em áreas molhadas. ....	41
Figura 12 - Modelos de pastilhas e aplicação. ....	41
Figura 13 - Ladrilhos hidráulicos coloridos. ....	42
Figura 14 - Papéis de parede. ....	42
Figura 15 – Exemplo de revestimentos cimentícios. ....	43
Figura 16 - Exemplo de revestimento cimentício 3D, na qual “a” apresenta o revestimento aplicado e “b” a placa do revestimento com suas devidas medidas. ...	44
Figura 17 - Projeto (“a” e “c”) da designer Silvia Trein Heimfarth Dapper bioinspirados no líquen <i>parmotrema praesorediosum</i> (“b”).....	45
Figura 18 - Revestimentos decorativos 3D bioinspirados em flores. ....	46

Figura 19 – Obra visitada na cidade de Guaporé – RS .....	48
Figura 20 – Materiais utilizados para coleta dos resíduos. A - todos os materiais. B - recipientes poliméricos .....	48
Figura 21 – Balança e pesos descontados. A - balança zerada. B, C e D - pesos descontados .....	49
Figura 22 - A e B – Britador da marca Dalpan. C – parte interna do britador com os resíduos .....	49
Figura 23 – A – resíduo sendo peneirado. B – peneira de 1,18 mm. C – resíduo separado em grãos mais finos e grãos mais grossos .....	50
Figura 24 – A, B e C – pesagem dos materiais. D – mistura base .....	51
Figura 25 - A, B, C e D – pesagem dos materiais. E – mistura com substituição de areia por resíduo em 50% .....	51
Figura 26 - A, B e C - pesagem dos materiais. D - mistura com substituição de areia por resíduo em 100% .....	51
Figura 27 - A e B – misturador de argamassas da marca Vibron mix. C – água sendo adicionada em parcelas .....	52
Figura 28 – A - mesa de adensamento por queda marca Solotest, modelo 1119220. B- molde troncônico e soquete metálico. C, D, E e F – ensaio de determinação do índice de consistência .....	52
Figura 29 – A – aplicação do óleo mineral. B – moldagem dos corpos-de-prova. C – mesa de adensamento. D - corpos-de-prova moldados .....	53
Figura 30 – A – estufa da marca Quimis®. B – materiais secos e resfriados. C e D - peneiras utilizadas para o ensaio de granulometria .....	54
Figura 31 – A - frasco de Chapman. B - Becker. C – água inserida até a marca de 200 cm <sup>3</sup> . D – leitura final do nível atingido pela água indicando o volume total da união das amostras com a água .....	55
Figura 32 – Metodologia de Kindlein Junior & Guanabara .....	56
Figura 33 - Localização Orquidário Bella Orquídea .....	58
Figura 34 - Visita ao orquidário Bella Orquídea. A – parte externa da primeira estufa. B e C – parte interna da primeira estufa .....	58
Figura 35 - Visita ao orquidário Bella Orquídea. A – parte externa da segunda estufa. B e C – parte interna da segunda estufa .....	59
Figura 36 - Visita ao orquidário Bella Orquídea. Alguns dos gêneros das orquídeas encontradas .....	59

Figura 37 - Visita ao orquidário Bella Orquídea, orquídeas coletadas para o projeto. A - gênero <i>Paphiopedilum acmodontum</i> . B - gênero <i>Zygopetalum crinitum</i> .....	59
Figura 38 – Coleta dos resíduos .....	62
Figura 39 – Coleta dos resíduos .....	62
Figura 40 – Resultado pesagem dos resíduos totalizando 48 Kg .....	62
Figura 41 – curva granulométrica .....	64
Figura 42 – Corpos-de-prova após 28 dias. A - corpos-de-prova mistura base. B - corpos-de-prova mistura 50%. C - corpos-de-prova mistura 100% .....	65
Figura 43 - Resultados ensaio de tração na flexão. A - corpos-de-prova mistura base. B - corpos-de-prova mistura 50%. C - corpos-de-prova mistura 100% .....	65
Figura 44 – Relatório de ensaio de tração na flexão .....	66
Figura 45 - Relatório de ensaio de compressão .....	67
Figura 46 - preparação e observação da amostra do gênero <i>Paphiopedilum</i> .....	68
Figura 47 - preparação e observação da amostra do gênero <i>Zygopetalum</i> .....	68
Figura 48 – Desenho de observação da amostra do gênero <i>Paphiopedilum</i> .....	69
Figura 49 - Desenho de observação da amostra do gênero <i>Zygopetalum</i> .....	70
Figura 50 – Finalização e vetorização da alternativa A .....	70
Figura 51 - Finalização e vetorização da alternativa B .....	71
Figura 52 - Finalização e vetorização da alternativa B .....	71
Figura 53 - Alternativas finais vetorizadas e conversão para peças em 3D. Peça 1 .....	72
Figura 54 - Alternativas finais vetorizadas e conversão para peças em 3D. Peça 2 .....	73
Figura 55 - Alternativas finais vetorizadas e conversão para peças em 3D. Peça 3 .....	73
Figura 56 - Alternativas finais vetorizadas e conversão para peças em 3D. Peça 3 .....	74
Figura 57 – Impressão das peças em 3D. A e B – impressora 3D CL2 Pro extrusor duplo da marca Cliever. C, D, E e F – peças impressas .....	75
Figura 58 - A - borracha de silicone, catalizador e vaselina. B – caixa em mdf e peça 3D. C - silicone derramado nas caixas. D – moldes após 24 horas .....	75
Figura 59 – Reprodução da mistura com substituição da areia por resíduos em 50%. A - misturas na mesa vibratória de adensamento. B - moldes nivelados .....	76
Figura 60 - Revestimentos finalizados .....	77

Figura 61 – Desenho técnico peça 1 .....	77
Figura 62 - Desenho técnico peça 2 .....	78
Figura 63 - Desenho técnico peça 3 .....	78
Figura 64 - Desenho técnico peça 3 .....	79

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Variações de argamassa conforme a natureza, tipo e número de aglomerantes que a mesma possui no momento em que é preparada.....	23
Quadro 2 - Variações de argamassa conforme a natureza, tipo e número de aglomerantes que a mesma possui no momento em que é preparada.....	24
Quadro 3 - Propriedades dos agregados miúdos conforme a análise de granulometria. ....	25
Quadro 4 – Principais tipos de concreto utilizados na construção civil. ....	26
Quadro 5 - Classificação dos resíduos sólidos gerados na construção civil. ....	28
Quadro 6 - Exemplo de perdas dos materiais na construção civil. ....	30
Quadro 7 - Áreas de atuação e aplicação do design de superfície. ....	35

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela de valores das misturas .....	50
Tabela 2 – Ensaio de granulometria da areia utilizada nas misturas .....	63
Tabela 3 - Ensaio de granulometria do resíduo utilizado. Mistura 100% .....	63
Tabela 4 - Ensaio de granulometria da areia com resíduo utilizados. Mistura 50% .....	64
Tabela 5 - Análise de variância ANOVA .....	66



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRECON	Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição
ACV	Avaliação de Ciclo de Vida
ANFACER	Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos, Louças sanitárias e Congêneres
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CP IV	Cimento Portland IV
CP V	Cimento Portland V
FIRJAN	Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
IBICT	Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia
INAC	Instituto Nova Ágora de Cidadania
NBR	Norma Brasileira
ONU	Organização das Nações Unidas
RCC	Resíduo da Construção Civil
RCD	Resíduos da Construção e Demolição
WWF	<i>World Wide Fund for Nature</i> (Fundo Mundial para a Natureza)
LATEC	Laboratório de Tecnologia da Construção
PLA	Poliácido Láctico
MDF	<i>Medium Density Fiberboard</i> (Painel de fibras de densidade média)

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO E PROBLEMATIZAÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1 Distribuição dos capítulos.....	18
1.2 Objetivos .....	19
1.2.1 Objetivo geral.....	19
1.2.2 Objetivos específicos .....	19
1.3 Justificativa.....	20
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>21</b>
2.1 Construção civil.....	21
2.1.1 Argamassas e concretos .....	22
2.1.2 Resíduos da construção e demolição (RCD) .....	27
2.2 Design e sustentabilidade .....	31
2.3 Design de superfície .....	33
2.4 O design na construção civil.....	38
2.5 Revestimentos .....	39
2.6 Revestimentos bioinspirados .....	44
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>47</b>
3.1 Coleta e determinação de resíduos .....	47
3.1.2 Materiais utilizados para coleta dos resíduos .....	48
3.2 Moldagem dos corpos de prova.....	49
3.3 Ensaio de caracterização.....	53
3.4 Etapa criativa .....	55

3.4.1 Seleção da amostra.....	56
3.4.2 Coleta da amostra .....	57
3.4.3 Preparação e observação da amostra .....	60
3.4.4 Parametrização .....	60
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	61
4.1 Coleta e classificação de resíduos .....	61
4.2 Resultados ensaios de caracterização.....	65
4.3 Resultados etapa criativa .....	67
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	80
REFERÊNCIAS.....	82
APÊNDICE A - METODOLOGIA E RESULTADOS DOS ENSAIOS PRELIMINARES .....	87

## 1 INTRODUÇÃO E PROBLEMATIZAÇÃO

A Revolução Industrial que ocorreu durante os séculos XVIII e XIX, promoveu grandes transformações econômicas e sociais em toda a Europa, apresentando como uma das mudanças mais significativas a alteração das técnicas de trabalho. Houve assim, a transição dos processos artesanais para os maquinofaturados, assim como, os métodos de produção foram modificados, transformando-se também, a maneira de exploração de recursos naturais (COLLYER, 2014). Trevisan (2010) aponta que a Revolução Industrial apresentou ao mundo, uma nova forma de fabricar produtos, onde em pouco tempo, o homem se tornou capaz de produzir mais do que o necessário para sobreviver.

Desde então, os riscos e danos causados pelo aumento da industrialização, aliados ao avanço tecnológico e ao anseio das indústrias pelo crescimento sem qualquer pretensão de responsabilidades ambientais, encontram-se cada vez mais evidentes. Assim, tem-se ocasionado impactos ambientais negativos, em larga escala, sendo estes complexos, e muitas vezes, irreversíveis, gerando a escassez de recursos naturais.

Estas condições acabam provocando prejuízos não somente ao meio ambiente, mas também a sociedade e, além disso, a economia, que por fim tende a aumentar os preços, acarretando um mercado instável. Assim sendo, a adesão de políticas sustentáveis, assim como produtos ecologicamente corretos que almejam a redução dos impactos causados ao meio ambiente, estão sendo cada vez mais procurados e incorporados por pessoas, governos e empresas do mundo inteiro. (GRUPO FRAGMAQ, 2012).

A palavra sustentável provém do latim, *sustentare*. Possui como significado as ações de sustentar, amparar e cuidar, ou seja, consiste na capacidade de suporte ou

preservação de procedimentos e métodos, estabelecendo a forma em que é preciso comportar-se e proceder com relação as questões ambientais e os recursos naturais.

A definição de desenvolvimento sustentável tem como base, os preceitos que foram apresentados na Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável, que ocorreu em 2002, na cidade de Johannesburgo na África do Sul. De acordo com Cúpula Mundial (2002, apud MIKHAILOVA, 2004, p. 27), “o desenvolvimento sustentável procura a melhoria da qualidade de vida de todos os habitantes do mundo sem aumentar o uso de recursos naturais além da capacidade da Terra”. Este, é um pensamento de grande importância na sociedade contemporânea, onde muitas pessoas, e até mesmo indústrias, estão avançando e investindo no desenvolvimento sustentável gradativamente, através do conceito de Design sustentável, o qual, visa diminuir os impactos dos produtos em todo seu ciclo, com processos ecologicamente eficientes e que não agredam o meio ambiente, conceituado pelo Ministério do Meio Ambiente (2012), a seguir:

É todo o processo que contempla os aspectos ambientais onde o objetivo principal é projetar ambientes, desenvolver produtos e executar serviços que de alguma maneira irão reduzir o uso dos recursos não-renováveis ou ainda minimizar o impacto ambiental dos mesmos durante seu ciclo de vida. Isto significa reduzir a geração de resíduo e economizar custos de disposição final (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012).

Portanto, projetar produtos por meio dos preceitos do *Design* sustentável, pensando no ciclo e nos impactos que os mesmos podem gerar ou desenvolver, buscando a capacidade de reaproveitamento futuras, representa um enorme avanço. Reaproveitando é possível proporcionar um novo uso ao produto, sendo necessário, por vezes, a alteração das propriedades físicas do mesmo, e dessa forma, diminuir a extração dos recursos naturais, reduzindo o impacto ambiental e contribuindo de maneira eficiente com o meio ambiente e as futuras gerações (BRAGA, 2014).

Um exemplo adequado desta situação consiste no reaproveitamento de materiais na área da construção civil. Na realização de construções, obras e até mesmo reformas, muitos materiais são desperdiçados, seja pela ausência de conhecimento sobre as finalidades em que pode-se dar a estes, como por uma irregularidade nos processos de construção, perdas no transporte e

armazenamento, e também, no desenvolvimento e execução dos projetos. Segundo John (1999), a construção civil é, em qualquer sociedade, o setor responsável pelo consumo do maior volume de recursos naturais, em estimativas que variam entre 15% e 50% dos recursos extraídos, além de seus produtos serem grandes consumidores de energia. Como consequência deste desperdício e da ausência de compreensão sob os entulhos que são gerados por este setor, muitas cidades e pessoas passam por situações graves, dentre elas, enchentes, ausência de aterros e também o excesso de elementos visuais que ocasionam a poluição.

Conforme dados da Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição – ABRECON (acesso em 2018), o Brasil desperdiça cerca de 8 milhões de reais por ano, devido ao fato de não reciclar os materiais de maneira adequada. Por estes motivos, é de grande importância que as técnicas construtivas, assim como, o processo em geral, sejam analisados e reelaborados com o intuito de diminuir o volume de entulho e o desperdício de materiais. Entretanto, existem resíduos e entulhos que só podem obter um novo destino por meio da reciclagem. Como exemplo, pode-se citar os resíduos de argamassa, os quais, se reutilizados e reciclados de maneira correta tem-se a possibilidade de alcançar agregados com características muito próximas as do material original, produzindo assim uma grande contribuição ao meio ambiente.

As argamassas são originadas mediante a mistura de um ou mais aglomerantes, água e agregados miúdos, esta, geralmente formada por compostos de cimento, cal hidratada e areia natural, podendo variar conforme o produto e a marca. A mesma, dispõe de uma extensa área de aplicação na construção civil, sendo utilizada para assentamentos de alvenaria, revestimentos, rejantes, contra piso, acabamento de superfície, entre outros. O aproveitamento dos resíduos de argamassa que são desperdiçados de alguma forma, pode ser uma alternativa viável economicamente, tecnicamente, e além disso, sustentavelmente. São diversos os destinos e as aplicações que pode-se designar para estes resíduos, que acabam sendo perdidos durante os processos na área da construção civil, como por exemplo, o reaproveitamento para desenvolvimento de revestimentos decorativos. Estes revestimentos, em especial o 3D, são peças modernas que garantem ambientes diferenciados e interessantes, proporcionando aos mesmos, movimento e volume. São diversos os modelos que podem ser encontrados, com diferentes tamanhos, estampas, materiais (porcelanato, azulejo, cimento, pastilhas, pedras ou

gesso), e formatos, assegurando conforto térmico e acústico, protegendo as paredes de impurezas e, além disso, podem ser instalados em qualquer ambiente, sendo este, interno ou externo.

Sendo assim, o presente trabalho apresenta um estudo sobre o reaproveitamento de resíduos de argamassa e concreto que são desperdiçados na área da construção civil, para posterior desenvolvimento de revestimentos decorativos bioinspirados, ou seja, usufruindo da natureza, seus princípios e estratégias criativas, como modelo e fonte de inspiração. Imitando a vida e tendo a natureza, como mentora do campo da biônica, também conhecido como biomimética, que unifica funcionalidade, estética e sustentabilidade para inovar e desenvolver alternativas para projetos, serviços, produtos, processos, sistemas e até mesmo, soluções para problemas atuais.

A Biomimética tem como principal propósito, analisar e entender as estruturas biológicas e suas funções, assim como os meios e soluções que a natureza utiliza e, dessa forma, empregar esse conhecimento nas diferentes áreas, como engenharia, biologia, design, administração, medicina, tecnologia, entre outras. Portanto, a biônica, envolve o uso da natureza e sua abundância de recursos e inspirações como fonte rica de inovação e criação, ou seja, a inovação inspirada pela natureza.

Assim posto, tem-se como problematização deste estudo o seguinte questionamento: como reaproveitar os resíduos gerados na área da construção civil para desenvolver um novo agregado, aproveitando o mesmo para o desenvolvimento em projetos de produto, como revestimentos decorativos?

## **1.1 Distribuição dos capítulos**

Inicialmente serão apresentados assuntos referentes a área da construção civil e aos materiais utilizados no decorrer do processo de obras, em específico, argamassas e concretos, suas características e propriedades. Além disso, será abordado o conteúdo sobre os resíduos que são gerados por esta indústria, como são gerados, formas de reciclagem e reutilização, assim como, alternativas que objetivam a sustentabilidade, como o design sustentável. Ademais, o design de superfície e a relação do design com a área da construção civil. E também, tópicos referentes a revestimentos decorativos, os diversos tipos existentes e os revestimentos que possuem elementos de bioinspiração em sua composição.

Posteriormente, será elaborado um estudo preliminar, com os materiais e métodos utilizados e o processo de preparação, no qual foram testados dois tipos de cimento (CP IV e CP V) e duas formas com materiais diferentes. Também realiza-se a coleta e determinação dos resíduos da construção da obra visitada na cidade de Guaporé – RS. E além disso, a metodologia escolhida para a continuação deste trabalho, isto é, a etapa criativa.

No quarto capítulo, serão apresentados resultados e discussões relacionados ao estudo preliminar, e também, aos resultados da coleta e classificação dos resíduos encontrados na obra visitada. No último capítulo, serão expostas as considerações preliminares e sugestões visando melhores resultados na continuação do trabalho.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Desenvolver um revestimento decorativo bioinspirado por meio do aproveitamento de resíduos de argamassa e concreto provenientes da construção civil, visando a redução do impacto ambiental e a inovação do setor.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- A) identificar os resíduos de argamassa e concreto que são desperdiçados em canteiro de obras;
- B) conhecer o processo de reciclagem de argamassas;
- C) desenvolver e testar novos traços de argamassa a partir do aproveitamento dos resíduos da construção civil;
- D) analisar a aplicabilidade deste material para produção de novos revestimentos decorativos;
- E) aplicar o conceito e a metodologia da biônica no desenvolvimento dos revestimentos.



### **1.3 Justificativa**

A área da construção civil é responsável por gerar impactos ao meio ambiente e também, por ser uma grande produtora de resíduos, os quais são originados durante todo o processo, desde a fabricação da matéria-prima até o momento final das obras. A destinação correta e reciclagem dos mesmos constituem, ainda, um desafio para esta indústria. Em vista disso, o reaproveitamento destes resíduos seria muito importante ambientalmente, pois seria utilizado para o desenvolvimento de um novo produto, diminuindo desta forma a quantidade de resíduos no meio ambiente. Considera-se também a importância social do reaproveitamento destes, pois reduziria a poluição visual e enchentes causadas pelo descarte incorreto e falta de aterros. E também, economicamente, pois diminuiria custos durante as obras.

Ademais, os revestimentos cimentícios estão sendo adotados cada vez mais, possuindo muitas vantagens, pois estes, podem ser utilizados em diversas áreas, tanto externas, quanto internas, devido suas propriedades de alta durabilidade. Além disso, estes revestimentos não necessitam de grandes manutenções e podem ser higienizados facilmente.

Atualmente, a preocupação com medidas sustentáveis, com o modo em que os seres humanos estão cuidando do mundo e o consumo sustentável, são questões que estão crescentemente sendo discutidas. Os revestimentos cimentícios representam um exemplo deste consumo, que visa a sustentabilidade, pois possuem um processo artesanal, sem gerar poluição para o meio ambiente e também, em seu desenvolvimento podem ser utilizados resíduos, como os da construção civil, diminuindo o número de resíduos lançados na natureza.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico do presente trabalho inicialmente apresenta conteúdos associados a construção civil, argamassa e concretos, em especial, a argamassa composta de cimento e cal, e além disso, o reaproveitamento dos resíduos desperdiçados da mesma. Posteriormente, aborda a relação do *design* em três áreas: a sustentabilidade, design superfície e o design na construção civil. Em seguida, um dos possíveis destinos que pode-se dar aos resíduos, ou seja, os revestimentos decorativos, objeto desta pesquisa. Por fim, expõe sobre revestimentos bioinspirados como instrumentos de inovação, criação e desenvolvimento de produtos.

### 2.1 Construção civil

O desenvolvimento de um país está vinculado ao progresso em diversas áreas, dentre estas, a construção civil, a qual possui grande importância e representa um dos setores mais significativos para a economia (FIRJAN, 2014). Esta área está diretamente ligada com o planejamento, projeto, execução, restauração e manutenção de obras, assim como edifícios, estradas, portos, aeroportos, túneis, saneamento, entre outros (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2000).

A indústria da construção civil está em constante evolução, em virtude da grande necessidade e busca por construções, e além disso, por ser fundamental para a sociedade e para o crescimento de todas as regiões (SANTO et. al., 2014). Neste sentido, as empresas deste setor buscam cada vez mais mecanizar e reduzir todas as suas etapas e também trabalhar com profissionais especializados visando

aumento da produtividade e eficácia dos setores (MICHELIS, 2013). No processo da construção os insumos compõem todos os fatores, instrumentos, materiais e processos que são utilizados para realização da mesma. Os materiais que são empregados durante a obra, alteram conforme a função, composição e necessidades do projeto. Argamassas e concretos são exemplos de alguns dos materiais que fazem parte deste sistema.

### **2.1.1 Argamassas e concretos**

A utilização de agregados formados por materiais de diversas categorias para a construção existe desde o início da história da humanidade, como por exemplo, no antigo Egito encontram-se considerações a respeito da concepção estrutural das pirâmides de Gizé e Quéfrem, as quais apresentam argamassas originadas de areia natural e, além disso, a presença de cal (RECENA, 2008).

Com um extenso campo de aplicação, a argamassa é um dos produtos mais utilizados na área da construção civil, devido a facilidade que se tem em trabalhar com a mesma. É utilizada para assentamentos de alvenaria, revestimentos, rejunte, contra piso, acabamento de superfície, entre outros. A mesma tem como funções: revestir, proteger, absorver e finalizar a edificação (HOBOLD, PELISSER, 2014).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), na NBR 13529, a argamassa é uma mistura homogênea de agregados miúdos aglomerantes inorgânicos e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento (ABNT, 1995). Este material de construção se diferencia dos demais por possuir características plásticas e aderentes, e por tornar-se rígida e resistente após um determinado período de tempo (MANUAL DE REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA DA ABCP, 2002).

Além disso, de acordo com o que se deseja atingir, existem diferentes variações dos materiais e desta forma, nos termos relacionados a natureza, tipo e número de aglomerantes que a mesma possui, podendo ser: argamassa aérea, argamassa hidráulica, argamassa de cimento, argamassa de cal, argamassa de cimento e cal, argamassa mista e argamassa simples (Quadro 1, p. 23). Dependendo do tipo de aplicação e o uso que se pretende, esta pode sofrer alterações em suas propriedades, assim como, variação na proporção dos materiais

que compõem a mistura, aplicação de aditivos, entre outros, visando atingir melhor os objetivos desejados (ABNT – NBR 13529, 1995).

Quadro 1 – Variações de argamassa conforme a natureza, tipo e número de aglomerantes que a mesma possui no momento em que é preparada.

TERMOS RELATIVOS À NATUREZA, TIPO E NÚMERO DE AGLOMERANTES	
Argamassa aérea	preparada com aglomerantes aéreos, ou seja, os mesmos precisam estar em contato com o ar para efetivação do processo de endurecimento.
Argamassa hidráulica	preparada com aglomerantes hidráulicos, ou seja, os mesmos precisam estar em contato com a água para efetivação do processo de endurecimento.
Argamassa de cal	preparada com cal, como único aglomerante.
Argamassa de cimento	preparada com cimento, como único aglomerante.
Argamassa de cimento e cal	preparada com cimento e cal, como aglomerantes.
Argamassa mista	preparada com mais de um aglomerante.
Argamassa simples	preparada com um único aglomerante.

Fonte: adaptado de ABNT – NBR 13592 (1995).

As argamassas são originadas geralmente por compostos de cimento, cal hidratada, areia natural e aglomerantes, podendo variar conforme o produto, a marca e os objetivos desejados. Com a principal função de proporcionar a resistência mecânica, o cimento, um dos materiais integrantes da argamassa, é constituído de finas partículas que auxiliam na retenção de água e plasticidade da mistura, sendo assim, quanto maior a presença do mesmo, mais retração e aderência em virtude da elevada rigidez deste material (MANUAL DE REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA p.13, 2002). Conforme NBR 5732 (ABNT, 1991), o cimento Portland, é um aglomerante hidráulico, obtido através da moagem de Clínquer Portland<sup>1</sup>, ao qual se adiciona, durante a operação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio. De acordo com a

<sup>1</sup>Clínquer Portland é um produto constituído em sua maior parte de silicatos de cálcio com propriedades hidráulicas (NBR 5732, 1991, p. 2).

composição e aditivos presentes, os cimentos possuem diferentes classificações e normas individuais (Quadro 2).

Quadro 2 - Variações de argamassa conforme a natureza, tipo e número de aglomerantes que a mesma possui no momento em que é preparada.

CLASSIFICAÇÃO CIMENTOS		
DENOMINAÇÃO	SIGLA	NORMA
Portland comum	CP I	NBR - 5732
Portland composto com escória	CP II-E	NBR - 11578
Portland composto com pozolana	CP II-Z	NBR - 11578
Portland composto com filler	CP II-F	NBR - 11578
Portland de alto forno	CP III	NBR - 5735
Portland pozolânico	CP IV	NBR - 5736
Portland de alta resistência inicial	CP V-ARI	NBR - 5733

Fonte: adaptado de Associação Brasileira De Cimento Portland (acesso em 08 de novembro de 2018).

Outro material constituinte da argamassa é o hidróxido de cálcio, mais conhecido como cal hidratada, a qual, em misturas simples tem a finalidade de aglomerante, proporcionando características específicas como a trabalhabilidade e capacidade de absorção de deformações, porém, propriedades como resistência mecânica e aderência são diminuídas. Já em argamassas mistas, este material por possuir pouca espessura auxilia na hidratação do cimento.

A água, em especial, a água potável, é outro elemento de grande importância e contribui na mistura da argamassa, ou seja, ajuda na liga de todos os componentes, em específico, os compostos de cimento. A mesma deve ser adicionada de forma metódica buscando seguir os traços determinados para atingir a mistura correta. Os agregados miúdos, de fonte mineral e fragmentados que são utilizados para a composição da argamassa, podem ser provenientes de rios, minas ou britagem, sendo eles de espessura grossa, média ou fina (MANUAL DE REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA p.13, 2002). A granulometria da areia a ser utilizada possui grande influência nos outros componentes da mistura, aglomerantes e água, por isso deve ser analisada e seguida corretamente (Quadro 3, p. 25).

Quadro 3 - Propriedades dos agregados miúdos conforme a análise de granulometria.

PROPRIEDADES DA AREIA			
PROPRIEDADE	QUANTO MAIS FINO	DESCONTÍNUA	GRÃOS EM ÂNGULO
Trabalhabilidade	Melhor	Pior	Pior
Retenção de água	Melhor	-	Melhor
Retração na secagem	Aumenta	Aumenta	-
Porosidade	-	Aumenta	-
Aderência	Pior	Pior	Melhor
Resistência mecânica	-	Pior	-
Impermeabilidade	Pior	Pior	-

Fonte: Adaptado de ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (acesso em 08 de novembro de 2018).

As argamassas possuem propriedades e características tanto no estado plástico quanto no endurecido e devem seguir os métodos estabelecidos por meio de uma série de ensaios normatizados pela ABNT, com o intuito de atingir os resultados desejados. Dentre as principais estão: a trabalhabilidade, durabilidade, retenção de água, capacidade de absorver deformações, aderência ao substrato e a resistência mecânica. A trabalhabilidade está ligada a capacidade de a argamassa final atingir todos os seus objetivos, ou seja, é a relação entre a ligação harmônica de todos os componentes da mistura e a consistência da mesma. A quantidade de água que é adicionada está relacionada com a alteração desta propriedade, sendo assim, uma argamassa muito fluída, sem consistência e coesão, não será trabalhável. Outra característica importante é a durabilidade, a qual consiste na eficácia de a argamassa manter as propriedades físicas e químicas associadas ao ambiente e as condições que a mesma estará inserida (RECENA, 2008).

Quando a mistura está sendo preparada uma quantidade de água é utilizada. A retenção de água é a competência da argamassa em controlar e regular a perda dessa água, liberando-a lentamente ao meio ambiente ou para os substratos. Sendo assim, quanto mais lento ocorrer este processo melhor será a resistência mecânica. Mais uma propriedade importante é a capacidade de absorver deformações, isto é, absorver as deformações internas e externas sem comprometer a estrutura. Esta característica é obtida mediante a resistência, tração e módulo de deformação. Uma

das mais significativas dentre todas é a aderência ao substrato, que compreende na capacidade de a argamassa permanecer aderida ao mesmo, independentemente das circunstâncias, como por exemplo, choques térmicos, movimentações e impactos.

A habilidade das argamassas em sustentar esforços de diferentes naturezas é conhecida como resistência mecânica e que originam tração, compressão e cisalhamento (RECENA, 2008).

Além das argamassas, o material que está mais presente em todas as obras é o concreto, devido a sua alta resistência, podendo suportar grandes cargas. O mesmo é composto por uma mistura de cimento, água, agregados graúdos e miúdos (pedra e areia) e aditivos. Este material se distingue dos demais em razão de possuir características resistentes a água, ou seja, ao entrar em contato com este elemento, o concreto sofre menores estragos e desgastes. Existem variados tipos de concreto (Quadro 4) e de acordo com o que se pretende atingir o mesmo pode ser trabalhado em diferentes, formas e texturas (LIMA et. al., 2014).

Quadro 4 – Principais tipos de concreto utilizados na construção civil.

PRINCIPAIS TIPOS DE CONCRETO	
Concreto convencional	sem características diferentes, este é o concreto possui baixa trabalhabilidade.
Concreto bombeável	com características de fluidez, necessárias para serem bombeados através de uma tubulação.
Concreto armado	estrutura de concreto com armações no interior feitas com barras de aço, necessárias resistir a esforços de tração.
Concreto protendido	estado prévio de tensões, através de uma compressão prévia na peça concretada e desta forma, reduzir fissuras.
Concreto de alta resistência (CAR)	atinge grande resistência, com pouca idade, podendo dar mais velocidade à obra ou ser utilizado para atender situações emergenciais.
Concreto auto adensável	obtido pela ação de aditivos superplastificantes, que proporcionam maior facilidade de bombeamento, excelente homogeneidade, resistência e durabilidade.
Concreto leve	reduzido peso específico e elevada capacidade de isolamento térmico e acústico.
Concreto pesado	utilização de agregados com maior massa específica aparente em sua composição como a hematita, a magnetita e a barita.

Fonte: adaptado de PORTAL DO CONCRETO (acesso em 15 de maio de 2019).

Assim como diversos materiais são utilizados durante todo o processo da construção civil, muitos resíduos são gerados. Desta forma, é de grande importância que se tenha conhecimento sobre quais são estes resíduos, e além disso, quais são os meios para reutilizar e descartar os mesmos visando a sustentabilidade.

### **2.1.2 Resíduos da Construção e Demolição (RCD)**

Com o passar dos anos o crescimento das indústrias, aliado ao avanço tecnológico estão em contínuo desenvolvimento, com o intuito de melhorar a qualidade de vida dos seres humanos. Todavia, estas mudanças e o progresso descontrolado acabaram gerando impactos negativos, comprometendo a vida e o meio ambiente. Desta forma, a busca por medidas que visem a sustentabilidade e a preservação do meio ambiente estão sendo cada vez mais adotadas. A área da construção civil, por exemplo, é um setor de grande importância para a economia e para a sociedade auxiliando no desenvolvimento do país (LARUCCIA, 2014).

Entretanto, esta indústria é caracterizada por ser altamente poluente, sendo responsável por gerar grandes impactos ambientais, consumindo elevados níveis de energia e matéria prima. Além disso, esta é a principal área produtora de resíduos sólidos, líquidos e gasosos em toda sociedade (GOMES; MAGALHÃES, 2018). Segundo o *Green Building Council Brasil*<sup>2</sup>, este é um dos setores mais poluentes, sendo responsável por um terço dos gases que são emitidos na atmosfera (ABRECON, acesso em 25/04/2019).

Conforme a resolução 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, os resíduos da construção civil são: provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.

---

<sup>2</sup> O Green Building Council Brasil é uma ONG que objetiva modificar não só a construção civil no Brasil, mas também a sociedade, visando a sustentabilidade.



De acordo com a NBR 1004 (ABNT, 2004) os resíduos sólidos são definidos da seguinte forma:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Conforme a ABRECON, os resíduos que são gerados, em uma linguagem técnica, são chamados de Resíduo da Construção e Demolição – RCD, ou Resíduo da Construção Civil – RCC. Estes, podem ser reutilizados, exceto aqueles que possuem substâncias contaminantes, como sulfato de cálcio, cloretos e óleos, que podem afetar as propriedades dos materiais ou até mesmo a saúde das pessoas que entrarem em contato com os mesmos. A classe A, por exemplo, compreende os resíduos que podem ser reutilizados e reciclados como agregados diretamente no canteiro de obras, dentre eles argamassas, tijolos e concretos (Quadro 5). Além disso, podem ter outros destinos como novos revestimentos, argamassas para assentamento, novos produtos como areia, pedriscos, brita, ou agregados, com características muito semelhantes aos originais, os quais podem ser utilizados nas construções, cobertura de asfalto, entre outros. Estes resíduos são classificados a partir da resolução 307, Art. 3º do CONAMA (2002).

Quadro 5 - Classificação dos resíduos sólidos gerados na construção civil.

CLASSE	DESCRIÇÃO DO RESÍDUO	EXEMPLO
A	Reciclados ou reutilizados como agregado em obras de infraestrutura, edificações e canteiro de obras.	Tijolos, telhas e revestimentos cerâmicos, blocos e tubos de concreto e argamassa.
B	Reciclado ou ganhar outras destinações.	Vidro, gesso, madeira, plástico, papelão e outros.
C	Não existe ou não é viável aplicação econômica para recuperação ou reciclagem.	Estopas, lixas, panos e pincéis desde que não tenham contato com as substâncias que classifique como D.
D	Aqueles compostos ou em contato de substâncias que são nocivos à saúde.	Solvente, tintas, telhas, materiais de amianto, entulho de reformas em clínicas e instalações industriais que possam estar contaminados.

Fonte: adaptado de Cardoso (2017).

Durante o processo de construção, reformas e obras de construção civil, diversos materiais e recursos são desperdiçados, assim como, muitos resíduos são gerados. Este fato ocorre devido irregularidades no procedimento, perdas durante o transporte, armazenamento incorreto, entre outros. O Quadro 6 (p. 30), a seguir, apresenta exemplos das situações em que os materiais são desperdiçados neste setor, a partir da natureza e o momento em que ocorre a perda dos mesmos, acarretando desta forma inúmeros resíduos.

A destinação correta desses resíduos é de grande importância, pois reduz a extração de recursos naturais, diminui a poluição e além disso, é economicamente viável, auxiliando na baixa de custos da obra. De acordo com o presidente do Instituto Nova Ágora de Cidadania – INAC, Carlos de Matos Leal, práticas mais sustentáveis já são comuns em grandes empresas de construção civil, as mesmas trabalham com planos de resíduos sólidos e separam materiais (ABRECON, 2011).

Além disso, é relevante a aplicação de metodologias que analisem todas as etapas, desde a extração da matéria prima até o descarte, visando medir os possíveis impactos ambientais que serão causados, e desta forma planejar maneiras para aumentar a eficácia dos processos (IBICT, 25 de abril de 2019). A metodologia da Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) na área da construção civil possibilita uma investigação de todo o processo identificando as etapas que geram mais impactos, os materiais que são utilizados e quais destes geram menos consequências negativas para o meio ambiente e, além disso, permite analisar a emissão de CO<sub>2</sub> em todo o ciclo. Esta metodologia é orientada por intermédio de normas de gestão ambiental da ISO 14040 (SANTOS; AGURRE; CANALLI, 2016).

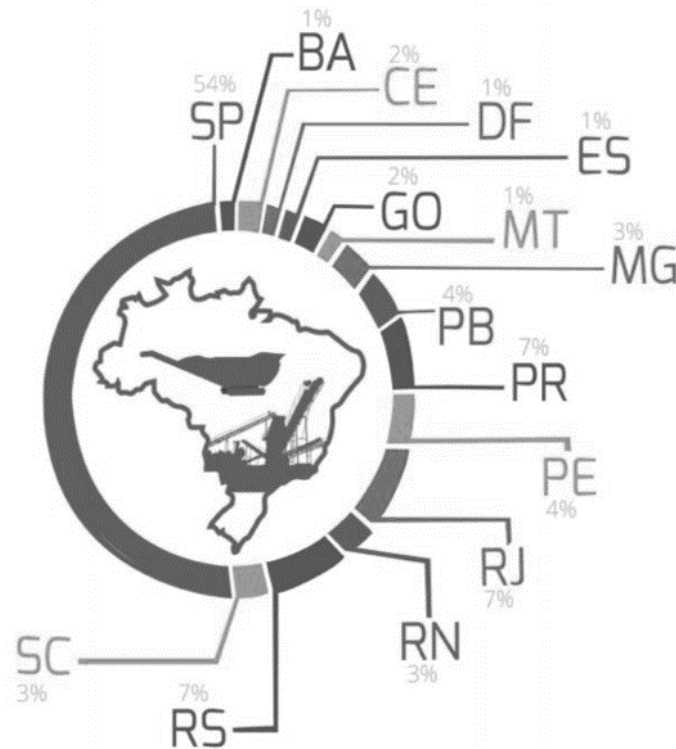
Com o intuito de desenvolver a conscientização na área da construção civil, em 2011 foi criada a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição – ABRECON. A mesma, auxilia empresas que realizam a reciclagem, separação e adaptação dos resíduos em 310 usinas que estão espalhadas em todo o país (Figura 1, p. 31).

Quadro 6 - Exemplo de perdas dos materiais na construção civil.

NATUREZA	EXEMPLO	MOMENTO PERDA	ORIGEM
Superprodução	Produção de argamassa em quantidade superior ao que será necessário.	Produção	Planejamento: falta de procedimentos de controle.
Estoques	Deterioração da argamassa estocada.	Armazenamento	Planejamento: falta de procedimentos referentes às condições adequadas de armazenamento.
Transporte	Condições inadequadas para transporte.	Recebimento, transporte, produção.	Gerência da obra: falha no planejamento de meios para executar o transporte de materiais.
Movimentos	Tempo excessivo de deslocamento devido às grandes distâncias entre os postos de trabalho.	Produção	Gerência da obra: falta de planejamento das seqüências de atividades e dos postos de trabalho.
Espera	Parada na execução dos serviços por falta de material	Produção	Suprimentos: falha na programação de compras
Produtos com defeitos	Espessura de lajes e vigas diferentes das especificadas em projeto.	Produção, inspeção.	Projeto: falhas no sistema de fôrmas utilizado.
Processamento	Necessidade de quebrar uma laje depois de pronta para passagem de instalações.	Produção	Planejamento: falhas no sistema de controles. Recursos humanos: falta de treinamento dos funcionários
Substituição	Substituição do acabamento em pintura especificado em projeto por acabamento em pastilha cerâmica	Produção	Suprimentos: falha na programação de compras. Planejamento: falhas no sistema de controles.

Fonte: adaptado de SENAI; SEBRAE; GTZ (acesso em 21 de novembro de 2018).

Figura 1 - concentração de usinas de reciclagem por estado, nas quais são realizadas reciclagem, separação e adaptação dos resíduos.



Fonte: adaptado de CARDOSO (2017).

Nota-se, a grande importância adotar alternativas que visem o descarte e destinação corretos destes resíduos bem como tecnologias e metodologias como o design sustentável objetivando a sustentabilidade, a recuperação e transformação destes resíduos em novos produtos.

## 2.2 Design e sustentabilidade

Com o passar do tempo, houve o crescimento populacional em larga escala, consequente da industrialização e da globalização. O ser humano passou a explorar os recursos naturais de maneira desordenada. Essa conduta conduziu a escassez de muitos recursos e, além disso, gerou grandes impactos ao meio ambiente (QUINTELA, 2015). Conjunto a estes acontecimentos, as indústrias e seus acelerados processos de produção acarretaram inúmeras consequências negativas, como por exemplo, a geração de resíduos. Logo, a conscientização desta situação e a preocupação com a sustentabilidade, tornam-se questões atuais, que estão cada vez mais presentes (PLATCHECK, 2012).

Segundo Mikhailova (2004), a sustentabilidade consiste em manter-se, ou seja, envolve todos os aspectos e atitudes que uma sociedade desempenha para sustentar-se sem gerar a escassez dos recursos naturais. O conceito de desenvolvimento sustentável surge com o intuito de conscientizar, e também evidenciar a qualidade, ao invés da quantidade, isto é, aderir ao consumo consciente com a redução da extração de recursos naturais, e além disso, a preferência por alternativas sustentáveis, como reciclar e reutilizar, visando a existência de recursos para o futuro. Esta concepção foi definida em 1987 em um relatório da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, elaborada pela Organização das Nações Unidas - ONU (WWF, 02 de maio de 2019).

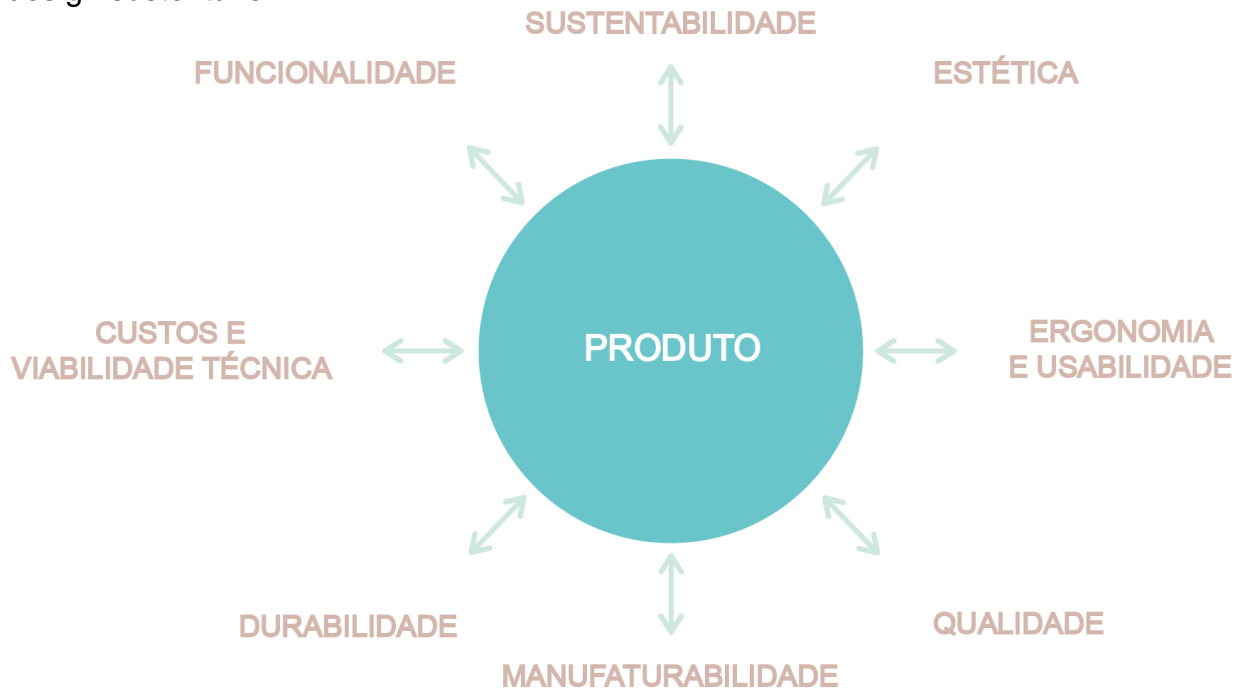
Dentro deste contexto, o papel do *designer* é projetar analisando todo o ciclo de vida de um produto ou processo, visando amenizar os impactos ambientais e o desperdício com o uso consciente dos recursos, estabelecendo equilíbrio entre o consumo e a natureza (CARDOSO, 2011). Assim, o *design* sustentável (Figura 2) abrange a concepção de produtos com valores acessíveis, que objetivem suprir as necessidades da sociedade mediante alternativas sustentáveis (PAZMINO, 2007). Portanto, questões que envolvem sustentabilidade e meio ambiente devem estar inseridas em conjunto com os aspectos fundamentais para o desenvolvimento e criação de produtos (Figura 3, p. 33) com o intuito de desenvolver produtos sustentáveis em todas suas etapas, diminuindo a geração de resíduos e a poluição (PLATCHECK, 2012).

Figura 2 - Design sustentável.



Fonte: adaptado de PAZMINO (2007).

Figura 3 – Aspectos fundamentais do desenvolvimento de produtos somando o design sustentável.



Fonte: adaptado de PLATCHECK (2012).

Assim como o design sustentável, outra área do design importante para a concepção e desenvolvimento de revestimentos decorativos objetivando a sustentabilidade é o design de superfície.

### 2.3 Design de superfície

A expressão gráfica sempre esteve presente na história da humanidade desde as civilizações mais antigas. Como exemplo, pode-se citar os desenhos feitos em cavernas durante a Pré-História, os quais detinham de uma narrativa, com traços, figuras e ritmo visual. As antigas sociedades propagaram o interesse pela decoração de superfícies e da linguagem visual, assim como em utensílios domésticos, arquitetura, superfícies têxteis, tecelagem, cerâmica, estampa e azulejaria. Estas relações representam que o envolvimento do homem com a superfície sempre esteve presente na história, a qual, posteriormente inclinou-se para o surgimento do design de superfície (RUTHSCHILLING, 2008). Segundo Rubim (2005), as superfícies sempre suportaram a necessidade do homem de se expressar simbolicamente.

Concebida em 1977, a *Surface Design Association*<sup>3</sup>, introduziu no mundo o termo *Surface Design* com o objetivo de inspirar a criatividade e incentivar a inovação. Posteriormente, o termo design de superfície foi introduzido no Brasil na década de 80 por Renata Rubim e consequentemente difundido por todo o país. De acordo com Rubim (2012), o design de superfície abrange um amplo campo, isto é, envolve todos os projetos que contemplam uma superfície, sendo ela bidimensional ou até mesmo tridimensional. Esta área do Design projeta com o intuito de revestir e inserir na pele dos objetos as características estéticas e funcionais do ambiente no qual serão introduzidos.

*Design de Superfície é uma atividade criativa e técnica que se ocupa com a criação e desenvolvimento de qualidades estéticas, funcionais e estruturais, projetadas especificamente para a constituição e/ou tratamentos de superfícies, adequadas ao contexto sociocultural e às diferentes necessidades e processos produtivos (RUTHSCHILLING, 2008, p. 23).*

Apesar de, no seu surgimento, o *design* de superfície se limitar apenas as superfícies têxteis, com o passar dos anos, essa área começou a ganhar cada vez mais espaço no cotidiano das pessoas, e além disso, tornando-se de grande importância, passando a envolver todos os projetos relacionados a superfície, independentemente do que seja a mesma. No Quadro 7 (p. 35) a seguir, algumas áreas de atuação e aplicação do design de superfície.

Segundo Dapper (2013), o *Design* de Superfície caracteriza-se por algumas especificidades na criação de padrões e texturas que constituem e/ou revestem uma superfície, propagando-se continuamente. Com o avanço tecnológico as possibilidades criativas e de expressão gráfica estão sendo cada vez mais ampliadas, no entanto, os princípios básicos e específicos (módulo e repetição) do *design* que tem origem no *design* têxtil e cerâmico são de grande importância. O módulo (Figura 4, p. 36) consiste em uma unidade de padronagem, no qual, estão contidos todos os elementos do desenho. Já a repetição (Figura 5, p. 37) envolve as padronagens, ou seja, a disposição dos módulos tanto no comprimento quanto na largura (RUTHSCHILLING, 2008).

---

<sup>3</sup> A Surface Design Association desde 1977 tem como objetivo fomentar o desenvolvimento e enaltecer a arte e design têxteis.

Quadro 7 - Áreas de atuação e aplicação do design de superfície.

ATUAÇÃO E APLICAÇÃO DO DESIGN DE SUPERFÍCIE	
<p><b>PAPELARIA:</b> o design de superfície atua na área, criando estampas para papéis de embrulho, embalagens, produtos descartáveis e materiais para escritório.</p>	
<p><b>TÊXTIL:</b> abrange todos os tipos de tecidos e não tecidos gerados a partir de diferentes métodos de entrelaçamento de fios, assim como, tecelagem, malharia, rendas, felpados, tapeçaria, entre outros. E suas formas de acabamento e o embelezamento como tintura, estamparia, bordados.</p>	
<p><b>CERÂMICA:</b> revestimentos cerâmicos para parede e pisos (azulejos, lajotas, entre outros) representam um importante campo de aplicação do design de superfície.</p>	
<p><b>SINTÉTICOS:</b> o material sintético mais conhecido empregado em larga escala de aplicações em revestimentos pode ser considerado a "Fórmica", apresentado modos de customização, com possibilidade de utilização de estampas e texturas.</p>	
<p><b>OUTROS MATERIAIS:</b> o design de superfície pode atuar sobre os mais variados materiais ou suportes. Este fato acontece, de maneira especial, quando atua complementando outras áreas do design ou até mesmo como suporte e interface virtuais.</p>	

Fonte: adaptado de RUTHSCHILLING (2008).

Fontes das imagens: A: COMO FAZER EM CASA (2017); B: UNISTYLE (acesso em 2018); C: ESPAÇO DE ARQUITETURA (acesso em 2018); D: DOCPLAYER (acesso em 2018); E: ANTHROPOLOGIE (acesso em 2018).



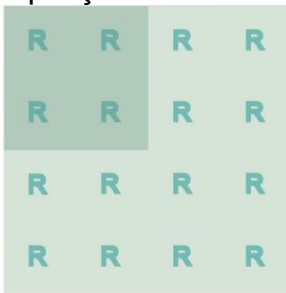
Figura 4 – Exemplificação de unidade de padronagem.



MÓDULO: conhecido como a unidade da padronagem, este elemento pode ser repetido de diversas formas criando padrões diferentes, ou seja, resultado da organização segundo uma sequência. Sendo obtido através de um encaixe, o qual pode ser contínuo ou por proximidade.

Fonte: adaptado de RUTHSCHILLING (2008).

Figura 5 - Exemplificação de repetição.



REPETIÇÃO: ocorre quando o módulo é colocado no sentido de comprimento e também em largura o mesmo passa a fazer parte de um sistema de repetição, conhecido também como *repeat* ou *rapport*.

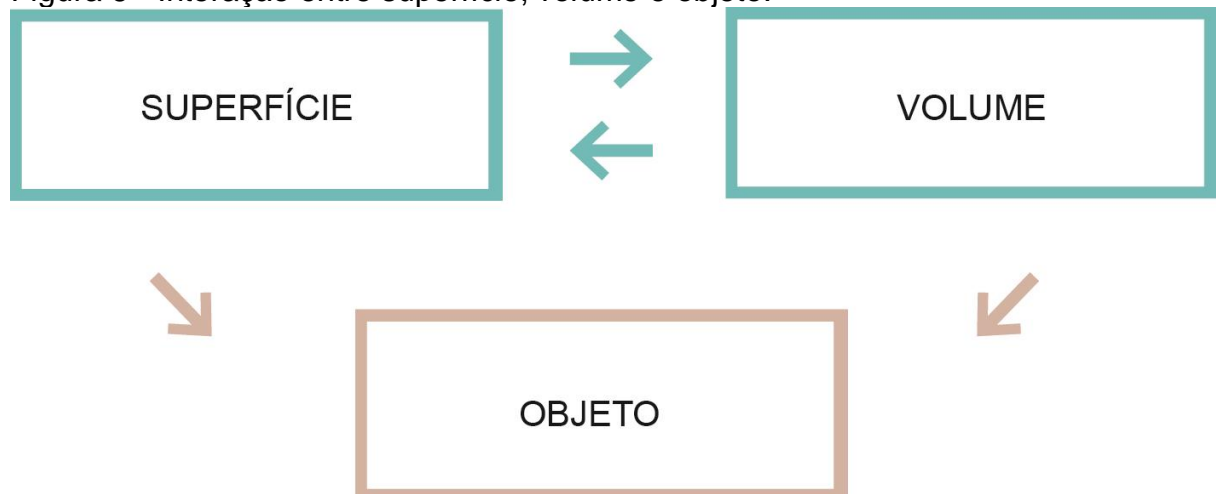


Fonte: adaptado de RUTHSCHILLING (2008).

O *Design* de Superfície não se restringe apenas as superfícies têxteis e das características de módulo e repetição, isto é, vai além de desenhos, cores e texturas inseridos em um objeto. A superfície e seus preceitos envolvem muito mais do que superfícies bidimensionais, constituindo assim uma estrutura gráfica, ou seja, a superfície passa a deter de propriedades visuais, táteis, funcionais e simbólicas (RUTHSCHILLING, 2008). Neste sentido, a superfície volta-se para a relação da

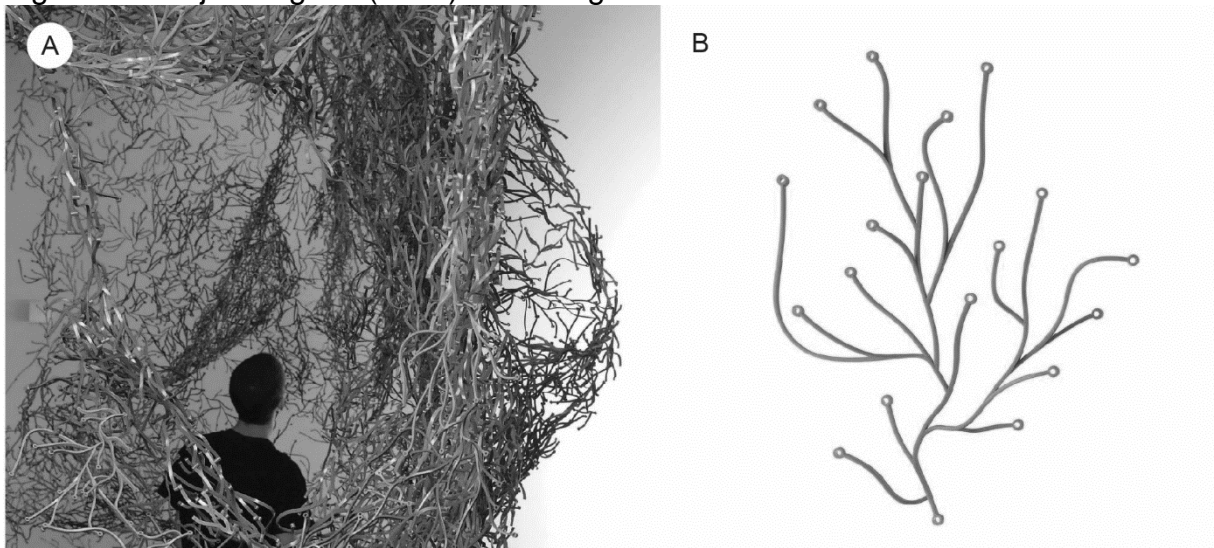
superfície-objeto<sup>4</sup>, relacionando diretamente com o volume, estruturando o objeto (Figura 6). Desta forma, a superfície passa a equivaler ao próprio objeto, assumindo diversas funções e materialidades como os elementos do projeto *Algues* (2004) dos designers Ronan e Erwan Bouroullec, o qual consiste em superfícies bioinspiradas que remetem a plantas e algas. Este projeto consiste em conectores que ao serem unidos formam uma superfície em formato de rede, que podem ser paredes móveis, cortinas, divisórias e até mesmo esculturas (Figura 7).

Figura 6 - Interação entre superfície, volume e objeto.



Fonte: adaptado de MENEZES PASCHOARELLI (2009).

Figura 7 - Projeto Algues (2004) dos designers Ronan e Erwan Bouroullec.



Fonte das imagens: A e B: SITON DESIGN (acesso em 2018).

<sup>4</sup> Superfície-objeto: expressão usada por Barachini, 2002, e Schwartz, 2008.

O *design* possui diversas áreas de atuação e detém de processos humanizados, pensando no homem e os meios que o mesmo se relaciona. Sendo assim, representa uma área interdisciplinar que interage com muitas outras, como por exemplo, a construção civil.

## 2.4 O *design* na construção civil

De acordo com o Ministério da Educação (2000), a indústria da construção civil relaciona-se com diferentes áreas do conhecimento e profissões. Transporte, química, meio ambiente, saúde, agropecuária, comércio e design, são algumas destas. O *design* e a construção civil são áreas que estão cada vez mais conectadas e associadas, assim, conceitos, metodologias e produtos de design encontram-se presentes nos projetos e execuções de obras.

O conceito de *Design Thinking*, por exemplo, consiste em pensar de forma crítica e criativa, objetivando analisar todos os processos, etapas e informações de maneira coletiva para a geração de resultados ainda mais satisfatórios. Este conceito inserido na construção civil visa otimizar e unificar todas as etapas desde a criação do projeto até a execução da obra unificando e possibilitando pontes entre os responsáveis pela gestão e os responsáveis pela operação. Desta forma, oportuniza a reavaliação das ideias, aumentando a comunicação entre os setores e além disso, inovando (Figura 8).

Figura 8 – Processo de Design Thinking.



Fonte: elaborado pela autora.

Além disso, em muitos produtos utilizados em obras de construção civil, nota-se a presença do *design*, como canos, tubos e conexões, revestimentos, torneiras, telhas, tijolos, entre outros. Um ótimo exemplo são canos projetados e desenvolvidos com a finalidade de proporcionar melhorias e facilidade para determinados pontos do projeto como o Tê de Redução Aquatherm® da linha de tubos e conexões Aquatherm® da Tigre. O mesmo foi produzido em Cloreto de polivinila clorado (CPVC) tornando-se mais resistente a temperaturas elevadas, também possuindo características como durabilidade e facilidade para instalação (Figura 09).

Figura 9 – Exemplo de produto de design inserido na construção civil, Tê de Redução Aquatherm®.



Fonte: adaptado de TIGRE (acesso em 18 de maio de 2019).

São diversos os exemplos da relação da construção civil com a área do *design*, além dos citados acima, os revestimentos são também exemplos desta conexão entre as duas áreas.

## 2.5 Revestimentos

O planejamento e decoração de ambientes vão além dos mobiliários e objetos. As paredes, assim como os revestimentos, possuem grande importância para o resultado final do projeto, proporcionando ambientes harmônicos e únicos. Caracterizados como tendência de decoração, os revestimentos decorativos, são produtos inovadores, sinônimos de praticidade e comodidade, proporcionando ambientes diferenciados. Estes caracterizam-se como uma ótima solução para modificar e decorar ambientes, sem grandes reformas, possuindo variados modelos,

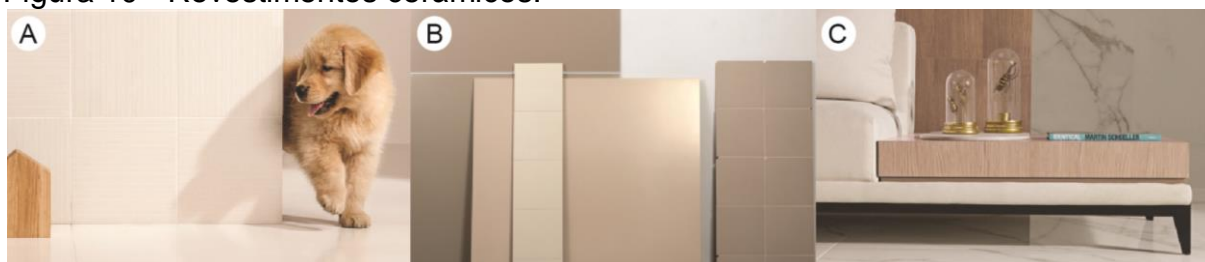
tamanhos, estampas, materiais (porcelanato, azulejo, cimento, pastilhas, pedras, gesso, entre outros) e formatos. Atendendo a todos os gostos e também possuindo diversos valores, desde acessíveis até elevados (PUGLIESI, acesso em 2019).

A personalização dos mesmos pode ser feita de diversas formas, variando conforme o intuito do projeto. Podem ser elaboradas composições com outros revestimentos, além disso, ocupar posição de destaque no ambiente, sendo utilizados para cobrir paredes inteiras, em formato de quadros criando padrões personalizados, e até mesmo, decorar objetos, como tampo de mesas, por exemplo. Em paredes, a aplicação geralmente é feita com o auxílio de argamassa comum, já em objetos, utilizam-se colas multiuso.

Para o superintendente da Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos, Louças sanitárias e Congêneres - ANFACER, Antônio Carlos Kieling, o que caracteriza cada revestimento envolve sua função e objetivo apresentados através do projeto (PUGLIESI, acesso em 2019).

Encontram-se hoje uma variedade de produtos, dentre estes, um dos mais utilizados são os revestimentos cerâmicos (Figura 10), que são feitos a partir de uma composição de argilas, prensadas e queimadas a até 1.150°C (PORTOBELLO, 2016). Os mesmos apresentam diversas estampas, combinações, possuem alta resistência e podem ser pisos e azulejos naturais ou esmaltados e também, porcelanato polido, natural ou esmaltado (SILVA et. al., 2015).

Figura 10 - Revestimentos cerâmicos.



Fontes: A, B e C adaptados de PORTOBELLO (2019).

Os azulejos (Figura 11, p. 41), como apresentado acima, são placas cerâmicas geralmente retangulares com dimensões variadas, desde peças menores até grandes, contendo um dos lados esmaltado e com propriedades resistentes a líquidos, por isso são utilizados em áreas molhadas, como banheiros e cozinhas, nas paredes (KIELING, acesso em 2019).



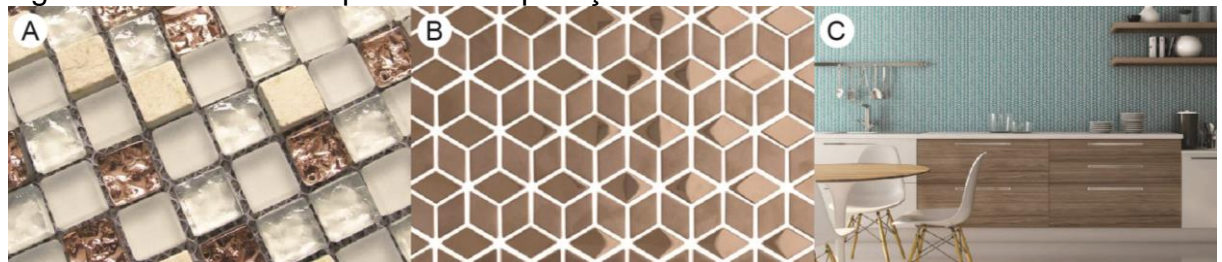
Figura 11 - Exemplos de azulejos e aplicações em áreas molhadas.



Fonte: adaptado de A: ENVATOMARKET (acesso em 2019); B: 2X1AP (acesso em 2019); C: FOLLOW DE COLOURS (2019).

Versáteis e possuindo diversificados tamanhos, cores, texturas, formatos e materiais como vidro, cerâmica, porcelana, coco, metal e mármore, as pastilhas (Figura 12) são produzidas em telas ou adesivos autocolantes e podem ser aplicadas em áreas externas e internas, de acordo com a finalidade e proposta do projeto (PORTOBELLO, 2017).

Figura 12 - Modelos de pastilhas e aplicação.



Fonte: adaptado de A: CASINHA BONITA (acesso em 2019); B: PORTODESIGN (acesso em 2019); C: ARCHTRENDS PORTOBELLO (acesso em 2019).

Outro modelo de revestimentos são os ladrilhos hidráulicos (Figura 13, p. 42), os quais consistem em uma placa artesanal de pequena dimensão, feita de concreto de alta resistência, possuindo diversidade de cores, modelos e texturas. Devido as suas características abrasivas e antiderrapantes, os mesmos são geralmente utilizados em praças, garagens, calçadas e áreas molhadas como bordas de piscinas, mas podem ser aplicados tanto em áreas internas quanto externas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2010).

Figura 13 - Ladrilhos hidráulicos coloridos.



Fonte: adaptado de A: DANI NOCE (acesso em 2019); B: DALLE PIAGGE (acesso em 2019); C: HISTÓRIAS DE CASA (acesso em 2019).

Apresentando uma diversidade de modelos, os papéis de parede (Figura 14) representam um dos revestimentos mais utilizados devido estes serem uma alternativa prática para decorar. Os mesmos, podem ser encontrados em diferentes materiais, como papel de parede vinílico, vinilizado, tecido e não tecido – TNT (LOPES, 2016).

Figura 14 - Papéis de parede.



Fonte: A: ARTE E CORES (acesso em 2019); B: ARTESANATO E PONTO (2016); C: ESTILO PRÓPRIO (2018).

O mercado de revestimentos decorativos está procurando cada vez mais se especializar, este, busca por peças com texturas, padronagens e tonalidades que reproduzam os materiais naturais, assim como madeira, que tem se tornado possível graças a impressão em alta definição, qualidade e com efeito 3D.

Outros revestimentos que se tornaram tendência são os revestimentos cimentícios (Figura 15, p. 43) que proporcionam durabilidade, resistência e detêm de características que vão além da estética, assim como a sustentabilidade. Estes são desenvolvidos com base em uma mistura derivada do concreto aliado a outras substâncias, como vidro, pedras naturais, entre outros agregados que são reciclados ou resíduos descartados resultantes de outros processos. Além disso, pigmentações e outros produtos que determinam propriedades específicas. Durante o processo de fabricação de um modelo, são realizados diversos estudos que definem a

resistência, durabilidade, as questões estéticas, pigmentações, substâncias que serão utilizadas, constituindo assim, padrões com características próprias, como antiderrapante, atérmicas, entre outras. Após estes estudos, a mistura destes revestimentos é inserida em recipientes, nos quais, a mesma passa pelo processo de cura, que não é realizado em fornos, minimizando assim, o consumo de energia. Em seguida, os modelos secos são retirados e passam por diversos tratamentos, desde impermeabilização, até métodos relacionados a durabilidade. Os revestimentos cimentícios (Figura 16 p. 44), podem ser utilizados em diversos ambientes, externos e internos, pisos, paredes e fachadas, de acordo com suas especificações, assim como os modelos em 3D, que reproduzem texturas, cores e formas, muitas vezes possuindo características similares a elementos naturais (STRUTTURARE, 2017).

Na concepção dos revestimentos decorativos, é importante o elemento projetual da superfície, ou seja, os elementos delimitadores de forma. Segundo Ruthschilling (2008) as superfícies são objetos ou parte dos objetos em que o comprimento e a largura são medidas significativamente superiores à espessura, apresentando resistência física suficiente para lhes conferir existência. A partir dessa noção, entende-se a superfície como um elemento passível de ser projetado. Sendo assim, a superfície e o design de superfície possuem uma grande importância para o design e como elementos projetuais, possuindo sintaxe da linguagem visual e ferramentas projetivas próprias (RUTHSCHILLING, 2008).

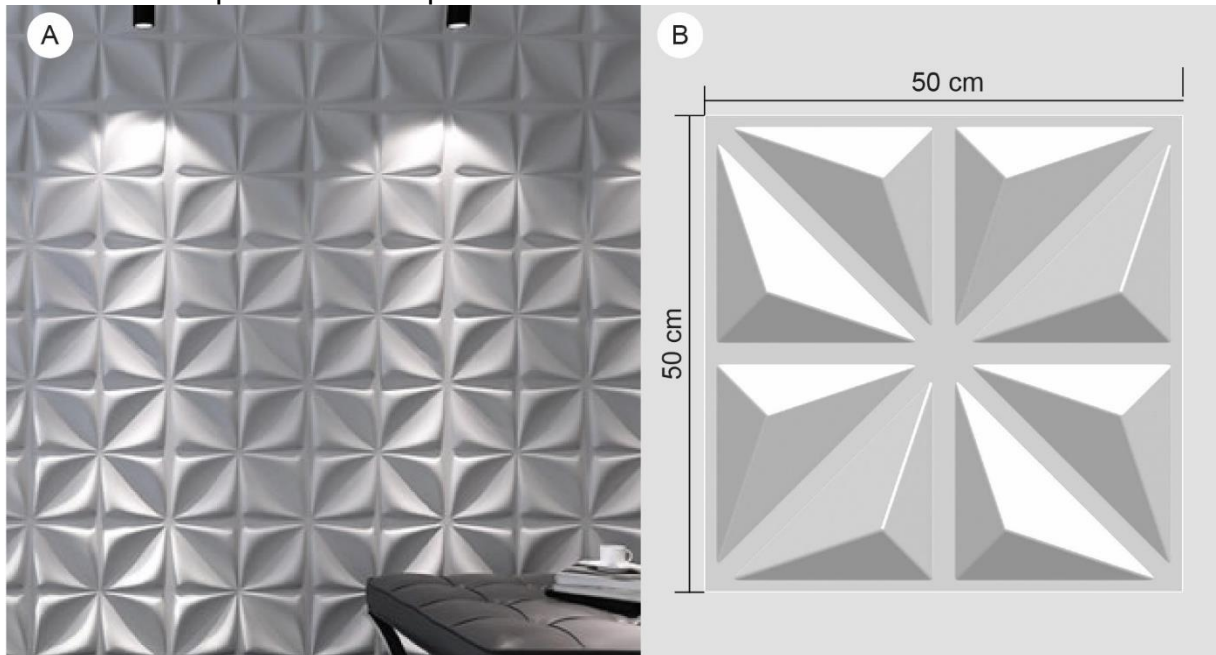
Figura 15 – Exemplo de revestimentos cimentícios.



Fonte: adaptado de A: HOMETEKKA (2014); B: MASKI REVESTIMENTOS (2018); C: HOME IDEA (2018).



Figura 16 - Exemplo de revestimento cimentício 3D, na qual “a” apresenta o revestimento aplicado e “b” a placa do revestimento com suas devidas medidas.



Fonte: adaptado de A: FAVORITA (2016); B: HARMONIA DECORAÇÕES E ACABAMENTOS (acesso em 2019).

Além dos diversos tipos de revestimentos existentes no mercado, também encontram-se revestimentos que possuem elementos da natureza para o seu desenvolvimento, tanto em aspectos estéticos como funcionais.

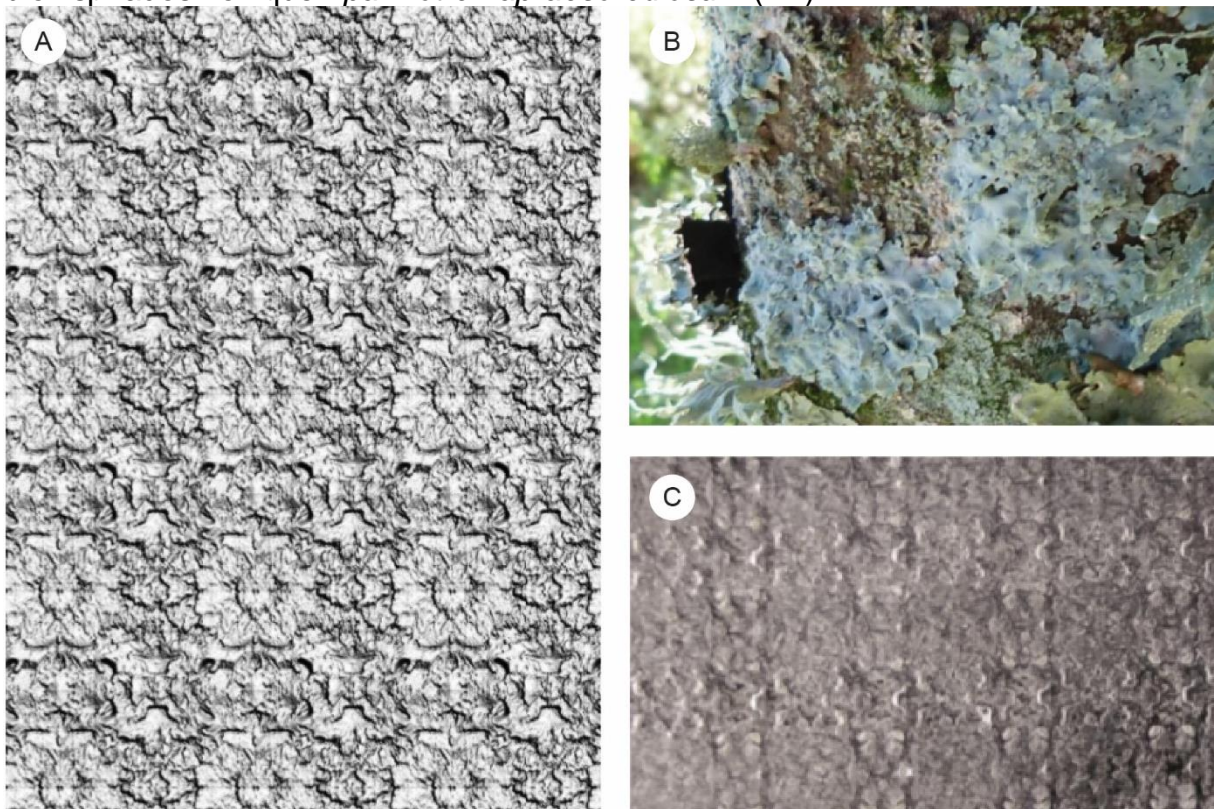
## 2.6 Revestimentos bioinspirados

O *Design* de Superfície, assim como seus princípios, são aplicados em variadas segmentações do *Design*, como exemplo, pode-se citar as áreas da biônica e biomimética. Estas ciências têm como preceito a análise e estudo dos elementos naturais, assim como, seus processos de adaptação ao meio, como fonte para solução dos problemas da vida cotidiana e detendo de características indisciplinadas, envolve diversas áreas do conhecimento. Relacionadas a área do design, tem como base a pesquisa e a experimentação, que visam a aplicação conceitual, ou seja, a análise da natureza, sem o intuito de empregar soluções imediatas, formando assim um banco de dados. Além disso, pode-se voltar também a projetos específicos, buscando por meio de analogias soluções para problemas cotidianos. De acordo com Broeck (1989), biônica é o estudo dos sistemas e organizações naturais, visando analisar e recuperar soluções funcionais, estruturais e formais, para aplicá-las na resolução de problemas humanos através da geração de tecnologias e

concepção de objetos e sistemas de objetos. Segundo Benyus (2007), a biomimética é uma abordagem inovadora que busca soluções sustentáveis para os desafios humanos, emulando padrões e estratégias testados pelo tempo da natureza. O objetivo é criar produtos, processos e políticas, novas formas de vida, que sejam bem adaptadas à vida na Terra a longo prazo.

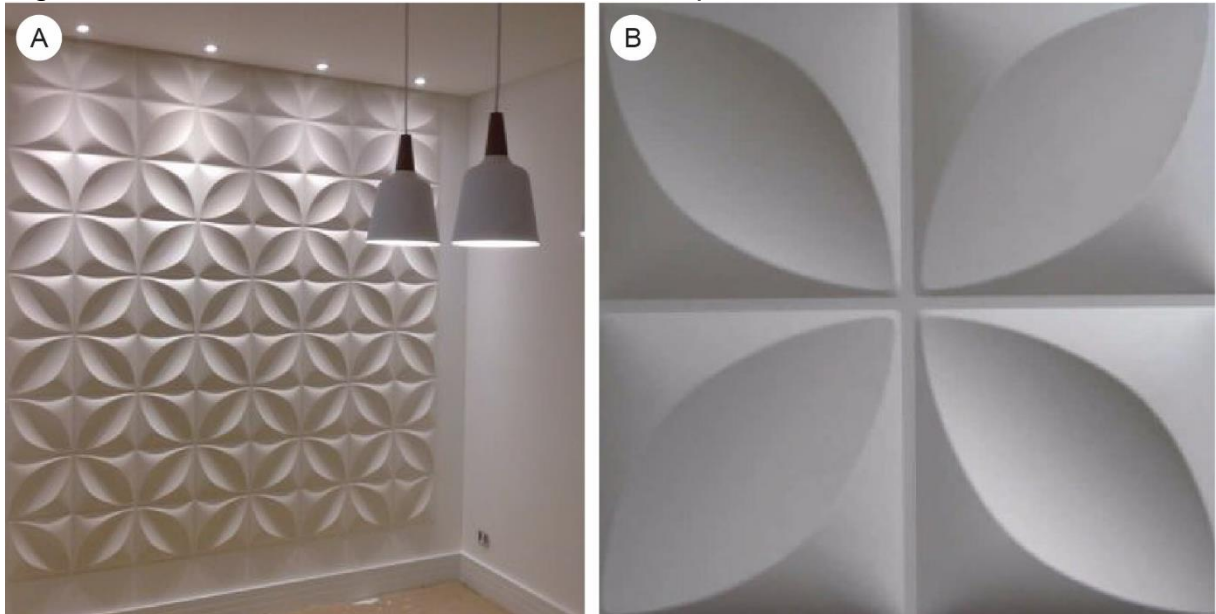
Em relação a superfícies bioinspiradas, tem-se como exemplo o projeto da designer Silvia Trein Heimfarth Dapper (2013), o qual consiste no desenvolvimento de textura inspirada no líquen *parmotrema praesorediosum*, com o intuito de argamassa de revestimento em painéis de concreto (Figura 17). Outro exemplo, são os revestimentos decorativos 3D, os quais, possuem suas superfícies inspiradas em elementos naturais, como as flores (Figura 18, p. 46).

Figura 17 - Projeto (“a” e “c”) da designer Silvia Trein Heimfarth Dapper, bioinspirados no líquen *parmotremapraesorediosum* (“b”).



Fonte: adaptado de Dapper (2013).

Figura 18 - Revestimentos decorativos 3D bioinspirados em flores.



Fonte: adaptado de A e B: Mercado Livre (acesso em 2019).

Desta forma, a partir dos assuntos tratados no capítulo do referencial teórico, foi elaborada a metodologia do presente trabalho, com estudos preliminares, coleta e classificação dos resíduos da construção civil, e além disso, definição da metodologia da etapa criativa.

### **3 METODOLOGIA**

Logo após o estudo dos dados levantados até este momento e dos estudos preliminares (apêndice p. 83), foi desenvolvido um programa experimental dividido em quatro etapas. A primeira etapa envolvendo a coleta e determinação dos resíduos, em obra visitada. A segunda etapa, abrangeu a moldagem de corpos-de-prova com três traços diferentes para a definição do material com as melhores propriedades e, além disso, a determinação do índice consistência.

Em sequência, a terceira etapa, consistiu nos ensaios de caracterização dos corpos-de-prova quanto à resistência a tração e compressão, e também, os ensaios de granulometria e massa específica. E, a quarta e última etapa, envolveu a metodologia fundamentada na biônica para a etapa criativa e suas fases projetuais.

#### **3.1 Coleta e determinação dos resíduos**

Na primeira etapa do programa experimental foi realizada visita a uma obra na cidade de Guaporé (Rio Grande do Sul), situada na Rua Talles Fillipon, no Residencial Reserva do Bosque a qual apresenta a construção de uma casa (Figura 19 p. 48). Nesta etapa, os resíduos foram coletados em obra e determinados posteriormente no capítulo de resultados e discussões.



Figura 19 – Obra visitada na cidade de Guaporé – RS.



Fonte: imagens obtidas pela autora (2019).

### 3.1.2 Materiais utilizados para coleta dos resíduos

Para a coleta dos resíduos nas obras visitadas, foram utilizados os seguintes materiais: três recipientes poliméricos (polipropileno) de 20, 18 e 13 litros, uma pá quadrada e luvas descartáveis de vinil transparente (Figura 20). Além disso, foi utilizada uma balança do modelo Prix 3 Plus para pesagem dos recipientes, descontando o peso dos mesmos e posterior pesagem dos resíduos (Figura 21 p. 49).

Figura 20 – Materiais utilizados para coleta dos resíduos. A - todos os materiais. B - recipientes poliméricos.



Fonte: imagens obtidas pela autora (2019).

Figura 21 – Balança e pesos descontados. A - balança zerada. B, C e D - pesos descontados.



Fonte: imagens obtidas pela autora (2019).

### 3.2 Moldagem dos corpos de prova

Inicialmente, para a moldagem dos corpos-de-prova, os resíduos coletados passaram pelo processo de moagem por meio de um Britador da marca Dalpan (Figura 22). Em seguida, os mesmos foram peneirados com o auxílio de uma peneira de abertura de 1,18 mm separando os grãos de espessura mais fina dos grãos de espessura mais grossa (Figura 23 p. 50). A parcela de resíduo com espessura mais fina, foi separada e utilizada para os traços<sup>5</sup>, totalizando 15 kg.

Figura 22 - A e B – Britador da marca Dalpan. C – parte interna do britador com os resíduos.



Fonte: imagens obtidas pela autora (2019).

<sup>5</sup> Traços: é a relação de cimento, água e agregados (areia, brita e cal) que juntos formam os materiais utilizados para determinadas funções.



Figura 23 – A – resíduo sendo peneirado. B – peneira de 1,18 mm. C – resíduo separado em grãos mais finos e grãos mais grossos.



Fonte: imagens obtidas pela autora (2019).

Em seguida, foram testados três diferentes traços para argamassa para verificar qual apresentaria as melhores características e propriedades mecânicas (Tabela 1). As misturas foram compostas de cimento CP IV – 32, cal hidratada, agregado miúdo fino e água. O primeiro traço foi definido em 1:1:4, na qual a proporção dos materiais corresponde em sequência as quantias de cimento, cal hidratada e areia, sendo definido como mistura base (Figura 24 p. 51). O segundo traço, também em 1:1:4, composto de cimento, cal hidratada e com substituição da areia por resíduos, em 50% (Figura 25 p. 51). E por fim, o terceiro traço, 1:1:4 formado em sequência pelas quantias de cimento, cal hidratada e com a substituição da areia por resíduos em 100% (Figura 26 p. 51).

Tabela 1 - Tabela de valores das misturas.

TABELA DE VALORES DAS MISTURAS			
MISTURA BASE	1 kg de cimento	1 kg de cal hidratada	4 kg de areia
MISTURA 50%	1 kg de cimento	1 kg de cal hidratada	2 kg de areia e 2kg de resíduo
MISTURA 100%	1 kg de cimento	1 kg de cal hidratada	4 kg de resíduo

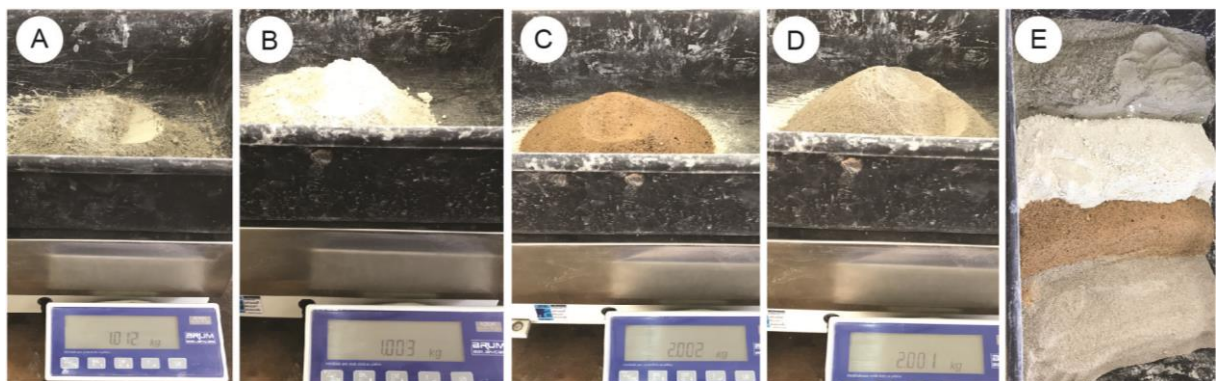
Fonte: elaborada pela autora (2019).

Figura 24 – A, B e C – pesagem dos materiais. D – mistura base.



Fonte: imagens obtidas pela autora (2019).

Figura 25 - A, B, C e D – pesagem dos materiais. E – mistura com substituição de areia por resíduo em 50%.



Fonte: imagens obtidas pela autora (2019).

Figura 26 - A, B e C - pesagem dos materiais. D - mistura com substituição de areia por resíduo em 100%.

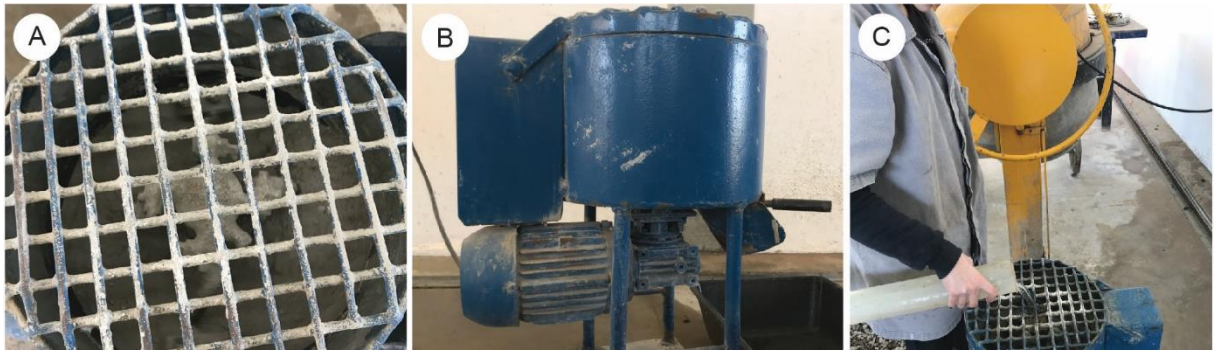


Fonte: imagens obtidas pela autora (2019).

Os materiais foram misturados em um misturador de argamassas da marca Vibron mix e a água foi sendo adicionada em parcelas até que a mistura se tornasse homogênea (Figura 27 p. 52).



Figura 27 - A e B – misturador de argamassas da marca Vibron mix. C – água sendo adicionada em parcelas.



Fonte: imagens obtidas pela autora (2019).

Depois, as misturas foram submetidas ao ensaio para a determinação do índice de consistência, caracterizado pela NBR 13276 (2016), com o auxílio de uma mesa de adensamento por queda da marca Solotest, modelo 1119220. Este ensaio é realizado por meio do cálculo de três diâmetros do espalhamento da mistura logo após as trinta quedas na mesa, desta forma, a média destes diâmetros representa o índice de consistência da mistura, sendo este 26 cm (Figura 28).

Figura 28 – A - mesa de adensamento por queda marca Solotest, modelo 1119220. B- molde troncônico e soquete metálico. C, D, E e F – ensaio de determinação do índice de consistência.



Fonte: imagens obtidas pela autora (2019).

Posteriormente, as misturas foram moldadas em formas contendo três corpos-de-prova por forma, sendo estes de tamanho 160x40x40mm. Também, com o auxílio de um pincel, foi aplicado óleo mineral com o intuito de facilitar a desmoldagem dos mesmos (Figura 29). Após moldadas, as formas passaram pela mesa de adensamento e logo depois de trinta quedas, os corpos-de-prova foram guardados no Laboratório de Tecnologia da Construção – LATEC, da Univates e desmoldados após 48 horas, conforme a NBR 7215 (1997).

Figura 29 – A – aplicação do óleo mineral. B – moldagem dos corpos-de-prova. C – mesa de adensamento. D - corpos-de-prova moldados.



Fonte: imagens obtidas pela autora (2019).

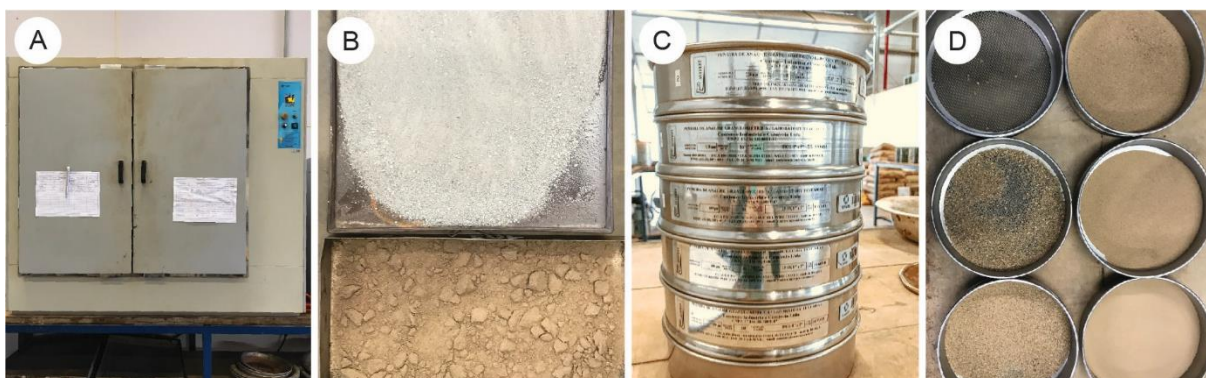
### 3.3 Ensaios de caracterização

Após 28 dias de cura, foram realizados ensaios de caracterização em cada uma das misturas de argamassa. Inicialmente todas as amostras passaram por ensaio de tração na flexão de acordo com a NBR 13279 (2005). Em seguida, as amostras passaram por teste de resistência à compressão conforme a NBR 13279 (2005). Ambos ensaios, foram realizados em uma máquina universal de ensaios da marca Emic, modelo SSH300.



Além disso, executaram-se os ensaios de granulometria e de massa específica com a areia e o resíduo que foram utilizados nas misturas. Para estes ensaios, os materiais utilizados passaram pelo processo de secagem por 24 horas a aproximadamente 100°C em uma estufa da marca Quimis®. Após retiradas da estufa, as amostras foram armazenadas para resfriamento até atingirem temperatura ambiente para a realização dos ensaios. O ensaio de granulometria foi realizado segundo a NBR NM 248, sendo feito em três etapas, primeiramente com a areia (mistura base), em seguida com areia e resíduo (mistura 50%) e, por fim, somente com resíduo (mistura 100%). Todos os ensaios ocorreram com a massa inicial de 500g e para os mesmos utilizou-se em sequência as peneiras com abertura de 2,36 mm, 1,18 mm, 600 µm, 300 µm, 150 µm e um fundo. Todos os materiais foram pesados e os ensaios foram realizados duas vezes cada um no intuito de estabelecer uma média (Figura 30).

Figura 30 – A – estufa da marca Quimis®. B – materiais secos e resfriados. C e D - peneiras utilizadas para o ensaio de granulometria.



Fonte: imagens obtidas pela autora (2019).

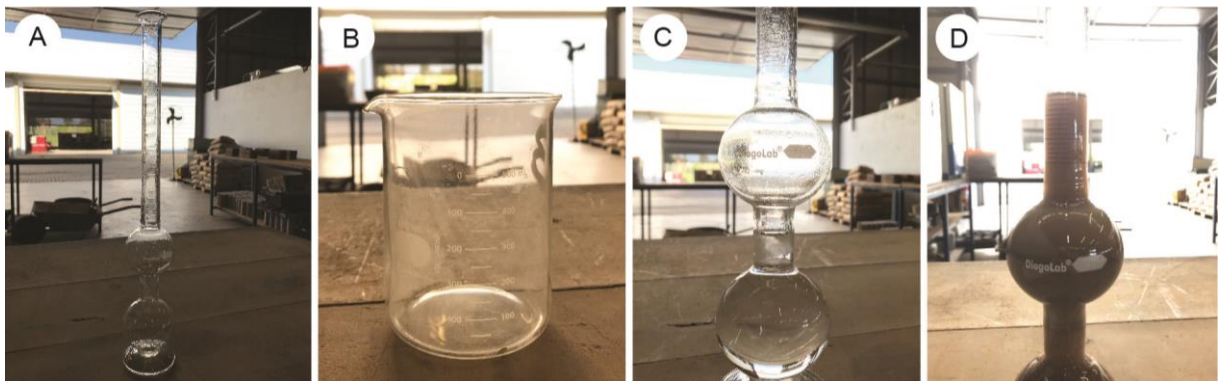
Em seguida, realizou-se também, o ensaio de massa específica, determinado pela NBR 9776. Para a definição da massa específica, foram utilizadas as amostras secas anteriormente em uma estufa da marca Quimis®, e assim como, o ensaio de granulometria, o mesmo ocorreu em três fases, primeiramente com a areia (mistura base), em seguida com areia e resíduo (mistura 50%) e, por fim, com resíduo (mistura 100%). Todas as amostras com a massa inicial de 500g.

Para este ensaio, utilizou-se um frasco de Chapman, o qual foi preenchido com água até a marca de 200 cm<sup>3</sup>, após as amostras foram inseridas no frasco com o auxílio de um Becker e o mesmo foi agitado com o intuito de eliminar possíveis

bolhas de ar que poderiam interferir na leitura final (Figura 31). Por fim, a leitura do nível atingido pela água indicando o volume total da união das amostras com a água, a massa específica de cada amostra foi calculada por meio da expressão

$$\gamma = \frac{500}{L-200} \quad \text{Equação 1}$$

Figura 31 – A - frasco de Chapman. B - Becker. C – água inserida até a marca de 200 cm<sup>3</sup>. D – leitura final do nível atingido pela água indicando o volume total da união das amostras com a água.



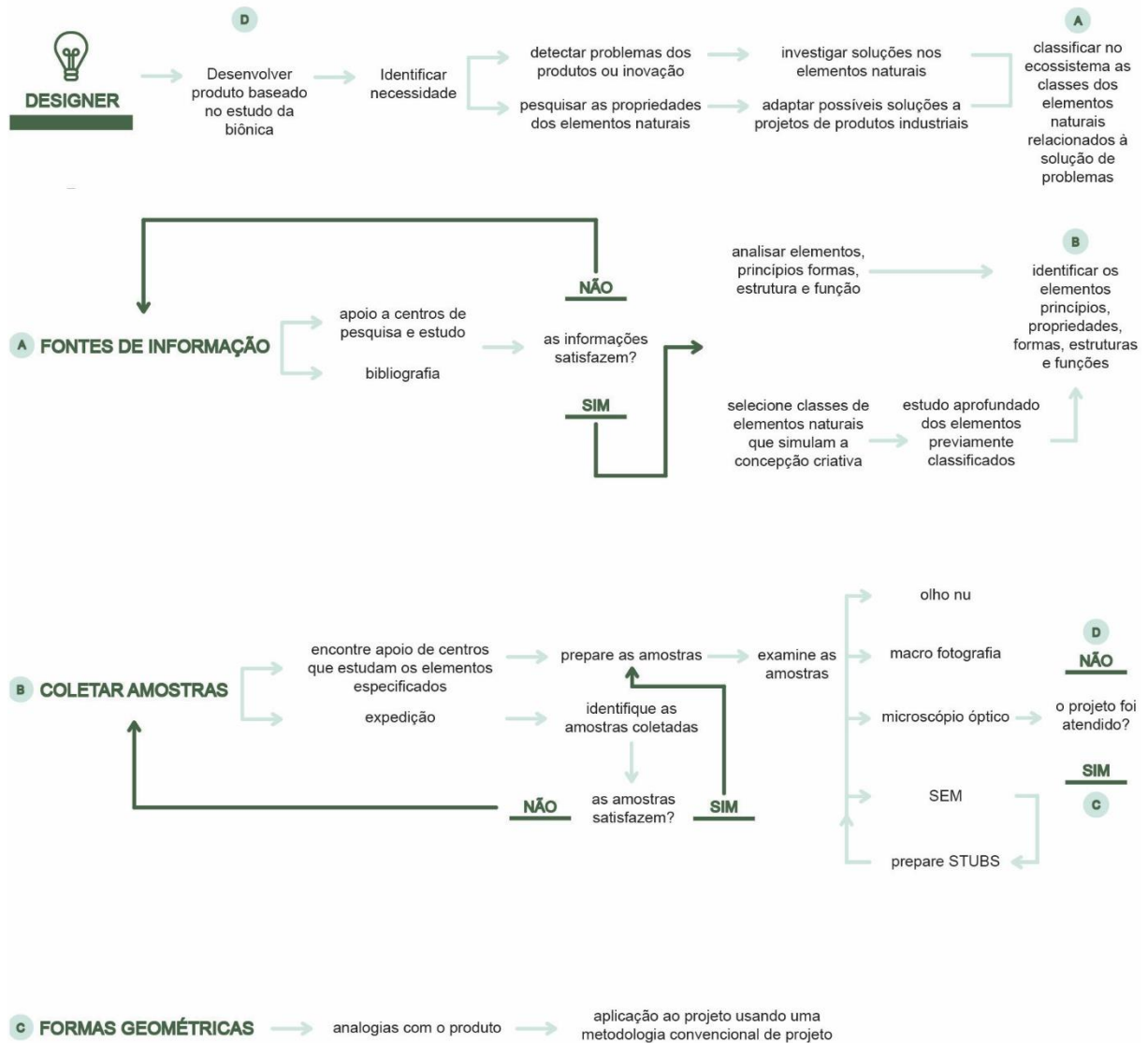
Fonte: imagens obtidas pela autora (2019).

### 3.4 Etapa criativa

Para o presente estudo e desenvolvimento dos revestimentos decorativos, foi escolhida a metodologia de Kindlein Junior & Guanabara (2005), a qual tem como ênfase a criação de produtos incorporando novas alternativas fundamentadas na biônica. Segundo Kindlein Junior & Guanabara (2005), a biônica é uma ciência que analisa e estuda os princípios, propriedades e procedimentos dos elementos e sistemas presentes na natureza, com o intuito de criar produtos inovadores. Esta metodologia é segmentada em etapas consecutivas que auxiliam e viabilizam uma composição lógica e sistemática para o desenvolvimento de produtos, isto é, seleção da amostra, coleta da amostra, preparação e observação da amostra e parametrização (Figura 32 p. 56).

A partir da definição da metodologia da etapa criativa, as fases foram seguidas visando a criação do produto final, incorporando novas alternativas fundamentadas no estudo e metodologia da biônica.

Figura 32 – Metodologia de Kindlein Junior &amp; Guanabara.



Fonte: adaptado de Kindlein Junior & Guanabara (2005).

### 3.4.1 Seleção da amostra

A primeira etapa desta metodologia de acordo com Kindlein Junior & Guanabara (2005), consiste na seleção da amostra por meio do estudo e observação do ambiente, constatando a presença de um problema, ou seja, uma necessidade que não foi devidamente alcançada (produto), podendo ser por intermédio de características funcionais, estruturais e analogias. Nesta etapa, as informações e conhecimentos são adquiridos mediante pesquisas bibliográficas, consultas técnicas e orientação com profissionais da área.

Desta forma, por intermédio de pesquisas e coleta de informações, o elemento natural selecionado para o presente estudo foi a orquídea. A mesma

compreende uma grande família de plantas as quais detém de subdivisões que vão de 1 a 1.800 gêneros, abrangendo em média 35.000 espécies encontradas nos quatro cantos do mundo. No que diz respeito a morfologia, esta flor é formada por três sépalas<sup>6</sup> e três pétalas bem desenvolvidas que intercalam-se entre si, possuindo uma das pétalas que se destaca das demais. Esta, recebe o nome de labelo e além disso, sendo responsável por atrair os insetos para a polinização. A nomenclatura de cada gênero de orquídea ocorre por meio do latim ou grego, sendo assim, mantendo o mesmo padrão no mundo inteiro. As orquídeas são categorizadas conforme sua origem, podendo ser Epífitas, Terrestres ou Rupícolas (ASSOCIAÇÃO ORQUIDÓFILA DE SÃO PAULO, 2002).

A primeira das orquídeas selecionada pertence ao gênero *Paphiopedilum acmodontum*, espécie terrestre, o qual tem origem nas Filipinas e tem sua época de floração durante o inverno e primavera, com a durabilidade da flor em 45 dias. Geralmente possuindo plantas com altura de 12 cm e permanecendo em temperaturas de 10 a 35°C. A segunda das orquídeas pertence ao gênero *Zygopetalum crinitum*, sendo uma espécie terrestre, tem origem no Brasil, com sua floração na estação no inverno com a duração da flor de 30 dias. Este gênero possui altura da planta de 40 cm e sobrevivendo a temperaturas de 8 a 35°C (ASSOCIAÇÃO ORQUIDÓFILA DE SÃO PAULO, 2002).

### 3.4.2 Coleta da amostra

Após a seleção da amostra, a segunda etapa compreende o trabalho de campo, isto é, a parte prática desta metodologia, na qual, deve-se buscar as amostras na natureza, seguindo todos os requisitos e utilizando todos os materiais necessários, como frascos de diversos tamanhos para a colocação das amostras, pinças para auxiliar na coleta e adesivos de identificação para nomear cada uma das amostras. As amostras das orquídeas estudadas anteriormente foram coletadas em Orquidário. Ocorreu assim, a visita ao Orquidário Bella Orquídea localizado na Linha Primeiro de Março, em Dois Lajeados – RS (Figura 33 p. 58). Este Orquidário, é formado por duas estufas com diferentes gêneros de Orquídeas e, dentre todos,

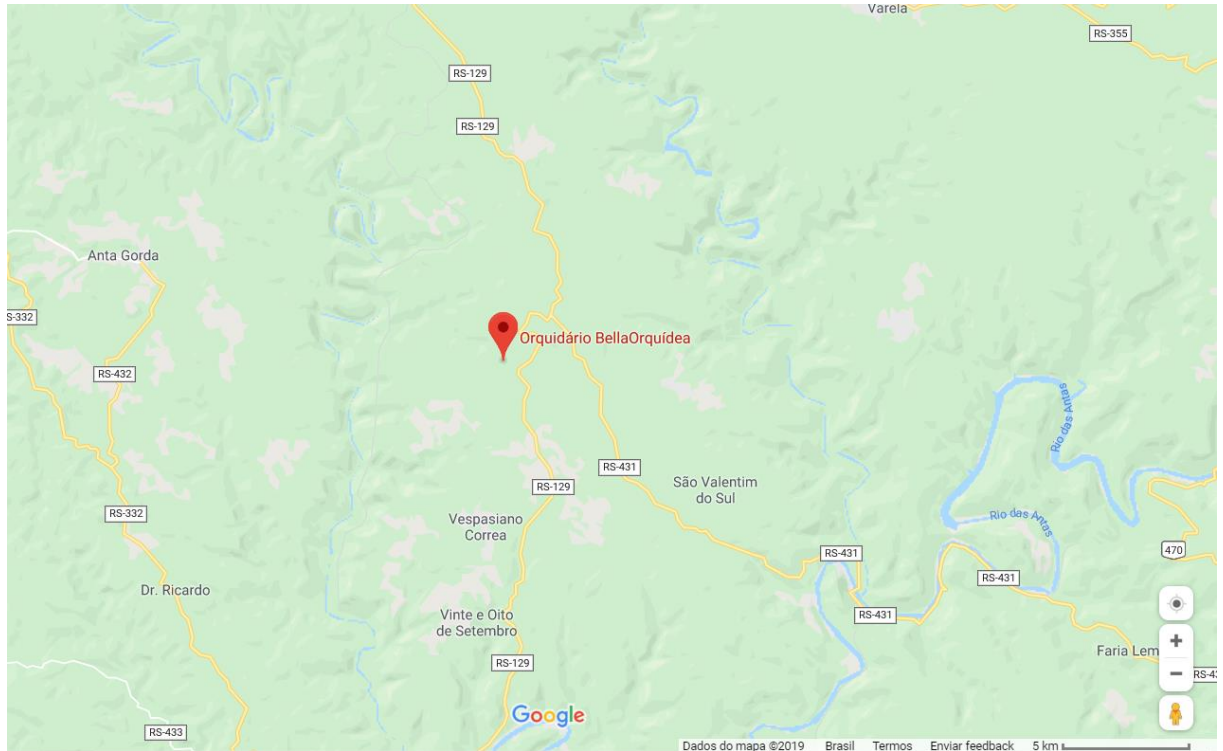
---

<sup>6</sup> Sépala: compreende a parte de uma flor que proporciona sustentação as pétalas. As sépalas têm a função de proteger flores em botão e após desabrochadas tornam-se coloridas assim como as pétalas.



foram coletados o gênero *Paphiopedilum acmodontum* e o gênero *Zygopetalum crinitum*, estudados anteriormente (Figura 34. Figuras 35, 36 e 37 p. 59).

Figura 33 - Localização Orquidário Bella Orquídea.



Fonte: imagem obtida de Google Maps (2019).

Figura 34 - Visita ao orquidário Bella Orquídea. A – parte externa da primeira estufa. B e C – parte interna da primeira estufa.



Fonte: imagens obtidas pela autora (2019).

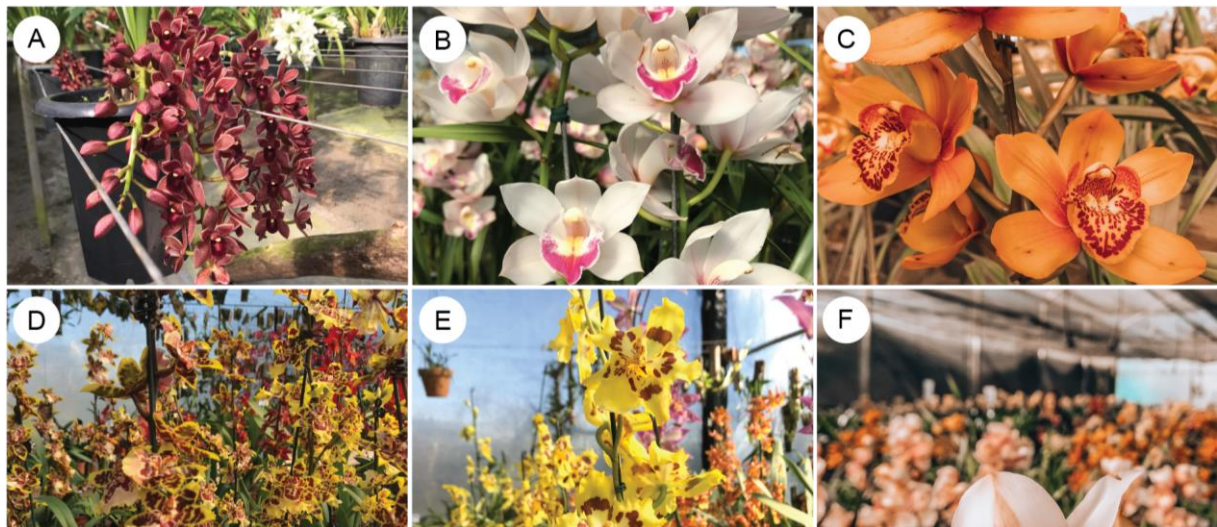


Figura 35 - Visita ao orquidário Bella Orquídea. A – parte externa da segunda estufa. B e C – parte interna da segunda estufa.



Fonte: imagens obtidas pela autora (2019).

Figura 36 - Visita ao orquidário Bella Orquídea. Alguns dos gêneros das orquídeas encontradas.



Fonte: imagens obtidas pela autora (2019).

Figura 37 - Visita ao orquidário Bella Orquídea, orquídeas coletadas para o projeto. A - gênero *Paphiopedilum acmodontum*. B - gênero *Zygopetalum crinitum*.



Fonte: imagens obtidas pela autora (2019).



### 3.4.3 Preparação e observação da amostra

Posterior a coleta da amostra na natureza, a mesma pode ser preparada, analisada e os elementos de interesse para o projeto puderam ser destacados, por meio de esboços. Além disso, as amostras foram observadas, considerando diversos pontos e fatores, como estrutura e morfologia, organismos e células, funções e processos, entre outros.

Sendo assim, as amostras coletadas no Orquidário, do gênero *Paphiopedilum acmodontum* e do gênero *Zygopetalum crinitum*, foram preparadas e separadas, com o intuito de uma análise detalhada de cada parte que compõe cada uma das flores. Em seguida, foram realizados desenhos de observação.

### 3.4.4 Parametrização

Nesta fase, a amostra e os elementos de interesse foram parametrizados, ou seja, simplificados em formas, estabelecendo parâmetros, modelos e relação entre a etapa criativa e os resultados obtidos. Após a parametrização os resultados foram aplicados no projeto e o estudo pode ser validado. Sendo assim, os desenhos realizados na etapa anterior foram vetorizados por meio do *software* Illustrator. Posteriormente, os desenhos finais foram transformados em peças 3D por intermédio do *software* Blender.

Em seguida, as peças foram impressas em impressora 3D CL2 Pro extrusor duplo da marca Cliever, com filamento de poliláctico (PLA) branco. As peças impressas serviram como modelo para que fossem criados os moldes em borracha de silicone azul. Com os moldes de silicone finalizados, a argamassa com a maior resistência pôde ser moldada. A desmoldagem ocorreu após 24 horas de cura da argamassa.

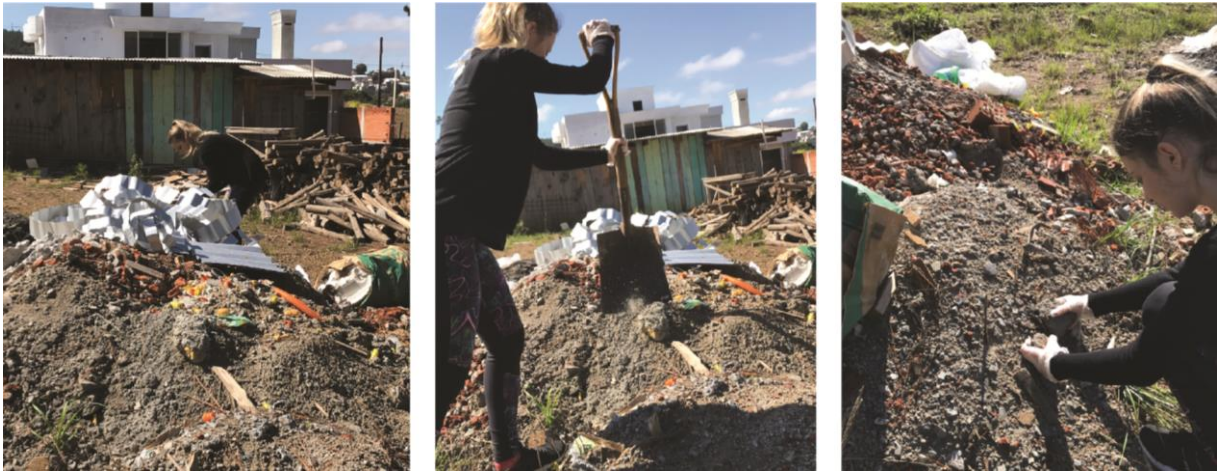
## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A partir do programa experimental desenvolvido no capítulo anterior, referente a materiais e métodos, com a visita a obra, os resíduos encontrados foram coletados, classificados e pesados. Em sequência, foram moldados corpos-de-prova com três traços diferentes para a definição do material com as melhores propriedades para o produto final. Além disso, após 28 dias, realizaram-se ensaios de caracterização dos corpos-de-prova com o intuito de verificar resistência a tração e compressão, e também, os ensaios de granulometria e massa específica. Também, em relação a etapa criativa a partir da metodologia fundamentada na biônica, as fases projetuais foram seguidas em sequência, com a seleção da amostra por meio de pesquisas, coleta da amostra na natureza, preparação e observação mediante desenhos e ferramentas criativas, e pôr fim a parametrização. Os resultados e escolhas estão apresentados e observados neste capítulo.

### **4.1 Coleta e classificação dos resíduos**

Logo após a visita da obra na cidade de Guaporé - RS, os resíduos foram coletados, classificados e pesados. Durante este processo, diversos resíduos e entulhos foram encontrados, como madeiras, restos de tubos e canos, cerâmicas, metais, caixas de papelão, tijolos, entre outros (Figura 38 e 39 p. 62). No entanto, os resíduos encontrados e selecionados em maior quantidade foram os de argamassa e concreto, os quais foram recolhidos e pesados, totalizando 48 kg (Figura 40 p. 62).

Figura 38 – Coleta dos resíduos.



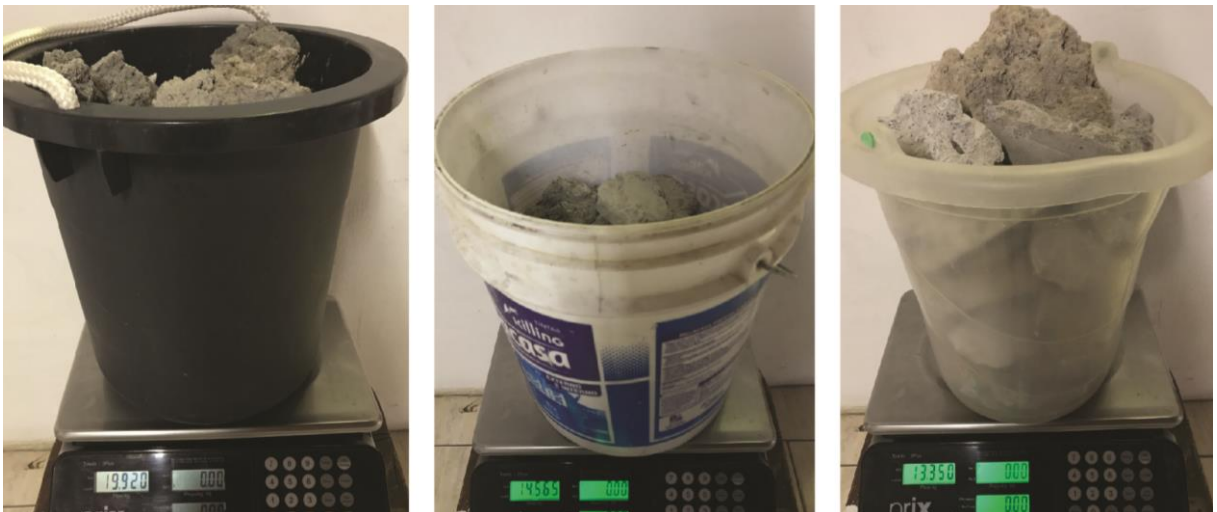
Fonte: imagens obtidas pela autora (2019).

Figura 39 – Coleta dos resíduos.



Fonte: imagens obtidas pela autora (2019).

Figura 40 – Resultado pesagem dos resíduos totalizando 48 Kg.



Fonte: imagens obtidas pela autora (2019).

Após a classificação e a moagem dos resíduos, foi realizado o ensaio de granulometria para determinar a distribuição dos tamanhos de grãos de cada uma das misturas, isto é, areia (mistura base), areia e resíduo (mistura 50%) e resíduo (mistura 100%), para a elaboração da curva granulométrica. Os resultados podem ser conferidos nas Tabelas 2, 3 e 4 p. 64, e as curvas granulométricas podem ser visualizadas na Figura 41 p. 64.

Tabela 2 – Ensaio de granulometria da areia utilizada nas misturas.

ENSAIO DE GRANULOMETRIA - AREIA		
Abertura da malha das peneiras	Massa retida em gramas	
	ENSAIO A	ENSAIO B
2,36 mm	0,1	0,1
1,18 mm	34,4	32,7
600 µm	61,2	62,1
300 µm	178,6	176,9
150 µm	195,4	202,6
Fundo	27,5	24,5
Massa inicial	500	500
Massa final	498,2	498,9

Fonte: elaborada pela autora (2019).

Tabela 3 - Ensaio de granulometria do resíduo utilizado. Mistura 100%.

ENSAIO DE GRANULOMETRIA - RESÍDUO		
Abertura da malha das peneiras	Massa retida em gramas	
	ENSAIO A	ENSAIO B
2,36 mm	16,5	21,7
1,18 mm	21,5	28,2
600 µm	112,0	112,8
300 µm	145,7	164,9
150 µm	137,8	106,2
Fundo	66,6	61,3
Massa inicial	500	500
Massa final	497,0	496,0

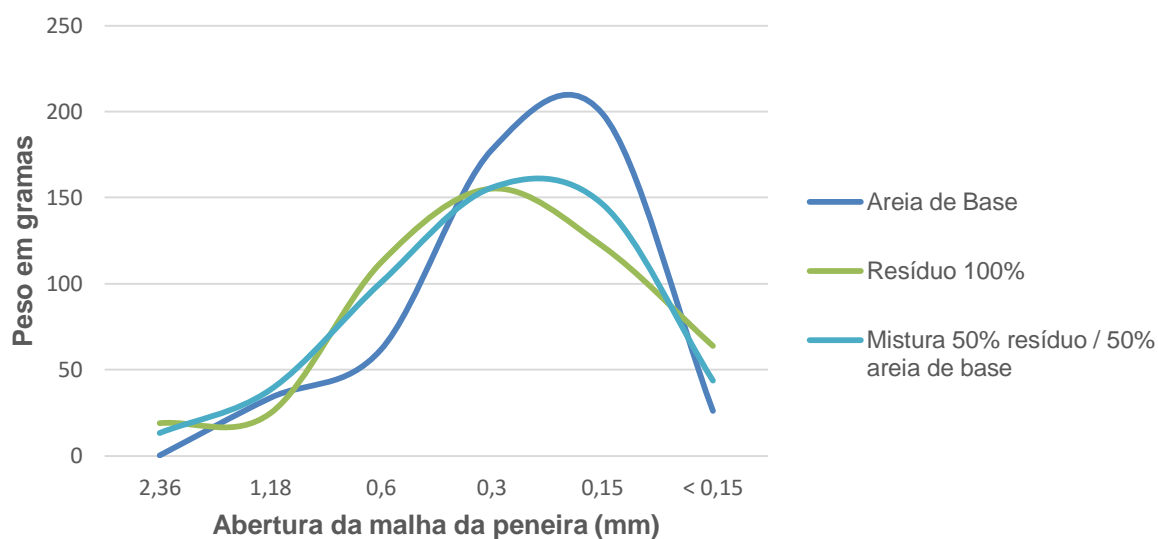
Fonte: elaborada pela autora (2019).

Tabela 4 - Ensaio de granulometria da areia com resíduo utilizados. Mistura 50%.

ENSAIO DE GRANULOMETRIA - AREIA E RESÍDUO		
Abertura da malha das peneiras	Massa retida em gramas	
	ENSAIO A	ENSAIO B
2,36 mm	14,0	12,7
1,18 mm	34,2	42,7
600 $\mu\text{m}$	91,5	109,8
300 $\mu\text{m}$	151,0	160,4
150 $\mu\text{m}$	165,5	127,0
Fundo	52,9	44,6
Massa inicial	500	500
Massa final	500	498,0

Fonte: elaborada pela autora (2019).

Figura 41 – curva granulométrica.



Fonte: elaborada pela autora (2019).

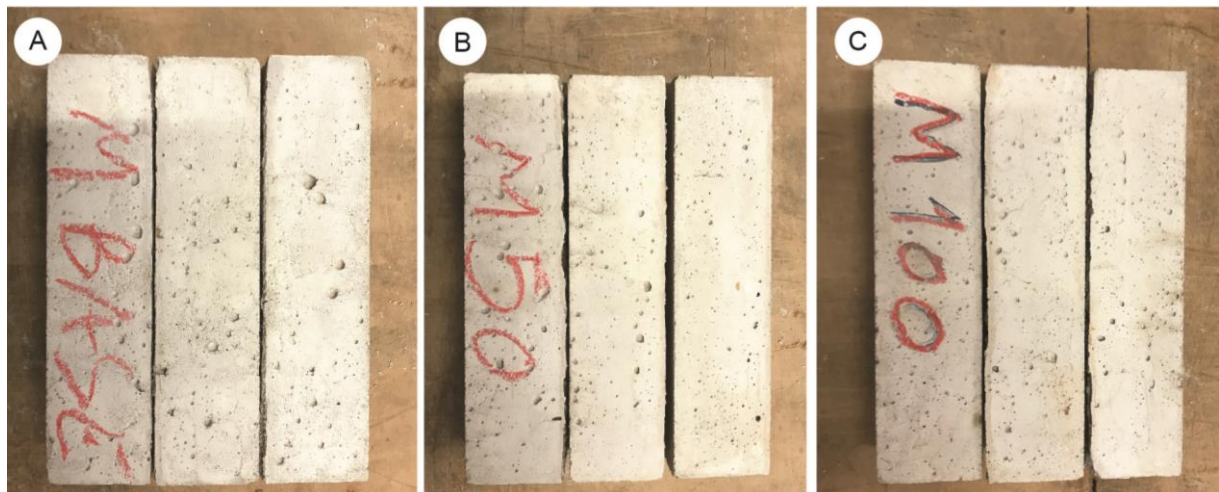
Ademais, assim como o ensaio de granulometria, também foi realizado o ensaio de massa específica com cada uma das misturas, isto é, areia (mistura base), areia e resíduo (mistura 50%) e resíduo (mistura 100%). Após este ensaio, com os resultados marcados no frasco de Chapman, foi realizado o cálculo para cada uma das misturas e obteve-se a massa específica da areia de base como  $2,63 \text{ g/cm}^3$ , da areia e resíduo como  $2,5 \text{ g/cm}^3$  e, por fim, do resíduo como  $2,57 \text{ g/cm}^3$ .



## 4.2 Resultados ensaios de caracterização

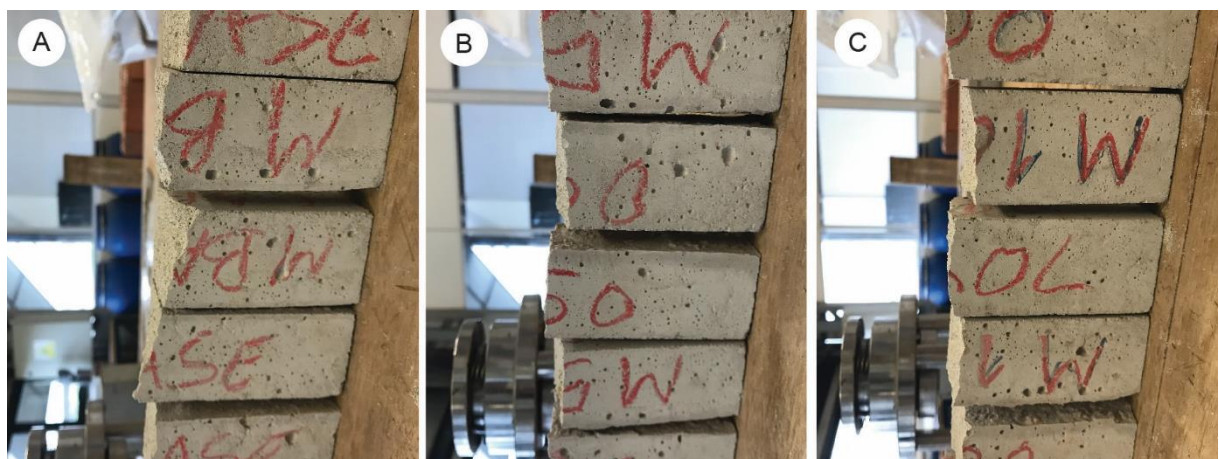
Após 28 dias, os corpos-de-prova das argamassas (Figura 42) foram submetidos aos ensaios de caracterização para verificar resistência a tração na flexão e compressão. Em relação a cor e textura, não notou-se grande diferença entre os corpos-de-prova. O ensaio destrutivo de tração na flexão (Figura 43) foi realizado em consonância com a NBR 13279 (2005), em uma máquina universal de ensaios da marca Emic, modelo SSH300. Foram executados três ensaios, sendo repetido três vezes para cada uma das amostras.

Figura 42 – Corpos-de-prova após 28 dias. A - corpos-de-prova mistura base. B - corpos-de-prova mistura 50%. C - corpos-de-prova mistura 100%.



Fonte: imagens obtidas pela autora (2019).

Figura 43 - Resultados ensaio de tração na flexão. A - corpos-de-prova mistura base. B - corpos-de-prova mistura 50%. C - corpos-de-prova mistura 100%.



Fonte: imagens obtidas pela autora (2019).







*Paphiopedilum* e *Zygopetalum*. Na segunda fase, de coleta da amostra, ocorreu a visita ao Orquidário Bella Orquídea, onde as amostras foram recolhidas e, logo após, preparadas e observadas. Na fase seguinte, as orquídeas coletadas foram separadas em partes para uma análise mais detalhada de cada uma (Figuras 46 e 47).

Figura 46 - preparação e observação da amostra do gênero *Paphiopedilum*.



Fonte: imagens obtidas pela autora (2019).

Figura 47 - preparação e observação da amostra do gênero *Zygopetalum*.

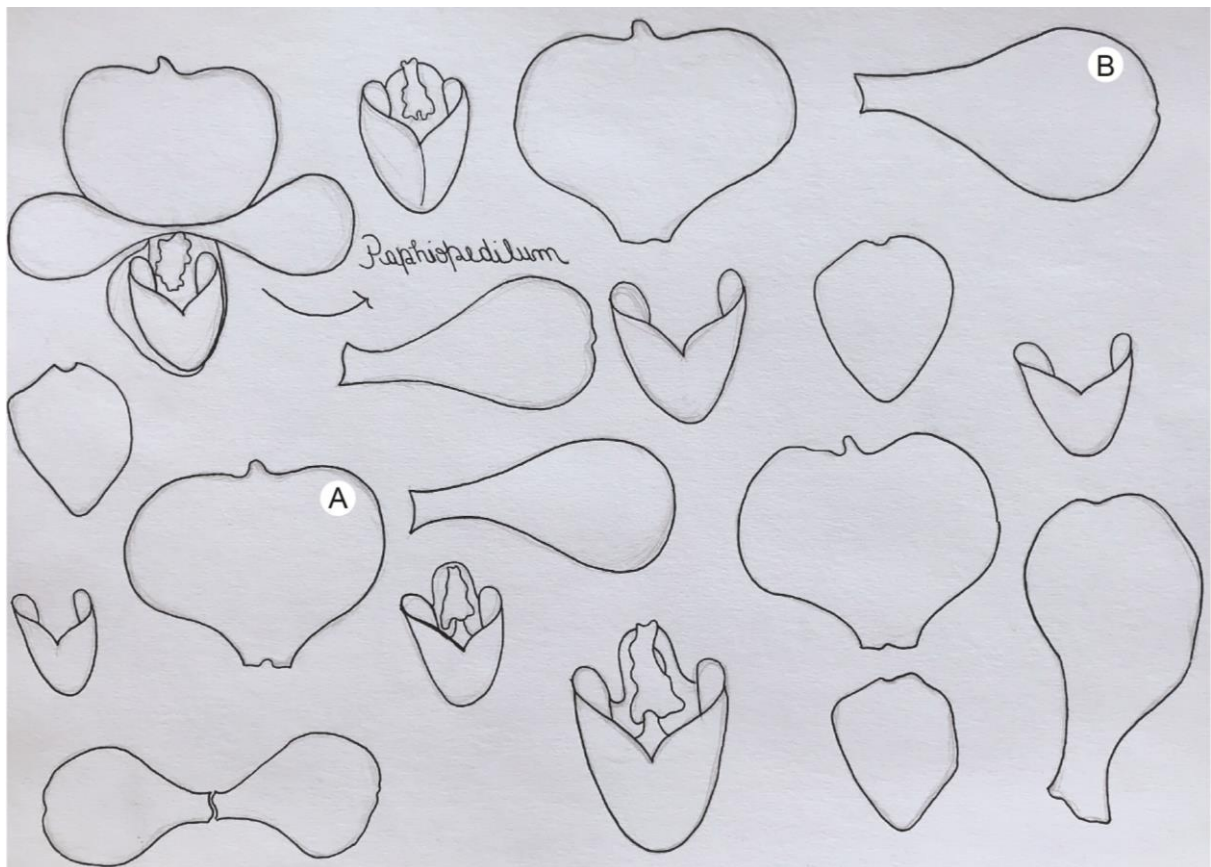


Fonte: imagens obtidas pela autora (2019).

Posteriormente a preparação das amostras, foram realizados desenhos de observação. A partir dos mesmos, as alternativas finais foram selecionadas e marcadas em A e B na Figura 48 (p. 69) e C na Figura 49 (p. 70). Em sequência, os desenhos selecionados foram vetorizados por meio do *software* Adobe Illustrator. No

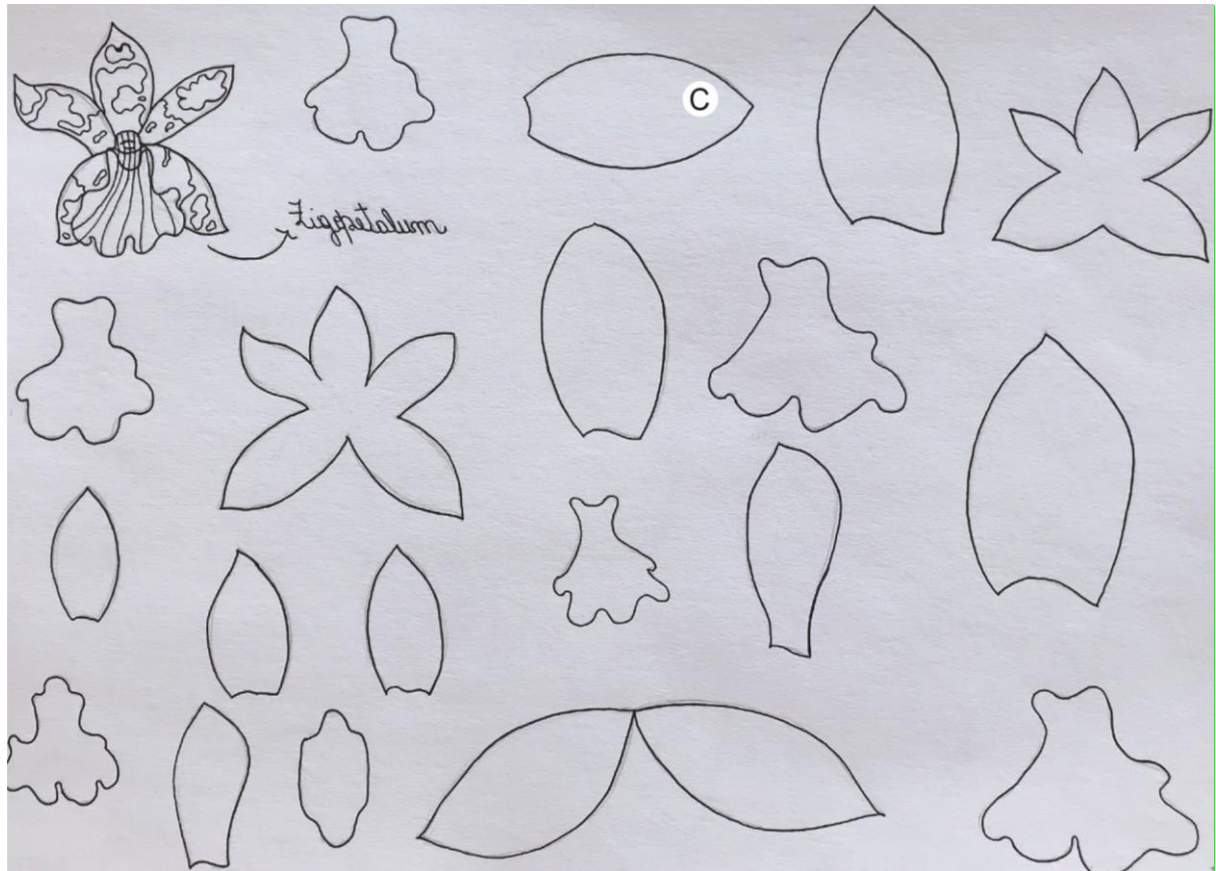
total foram desenvolvidas quatro vetorizações: primeiramente o desenho A foi vetorizado, no entanto, devido ao mesmo possuir lados desiguais, o desenho foi fragmentado e cada uma de suas metades foi espelhada, deste modo, criando formas com ambos os lados correspondentes e contribuindo para o encaixe das peças no final. Sendo assim, com base na primeira alternativa selecionada, foram elaborados dois modelos (Figura 50 p. 70). Além disso, os desenhos B e C foram vetorizados e, assim como o primeiro, foram fragmentados e ajustados para que ficassem com ambos lados idênticos facilitando o encaixe das peças no final. O desenho B, após ajustado, foi espelhado e posto de forma livre (Figura 51 p. 71). O desenho C, foi repetido no comprimento em uma linha inicial e rotacionado em 180° na linha secundária (Figura 52 p. 71).

Figura 48 – Desenho de observação da amostra do gênero *Paphiopedilum*.



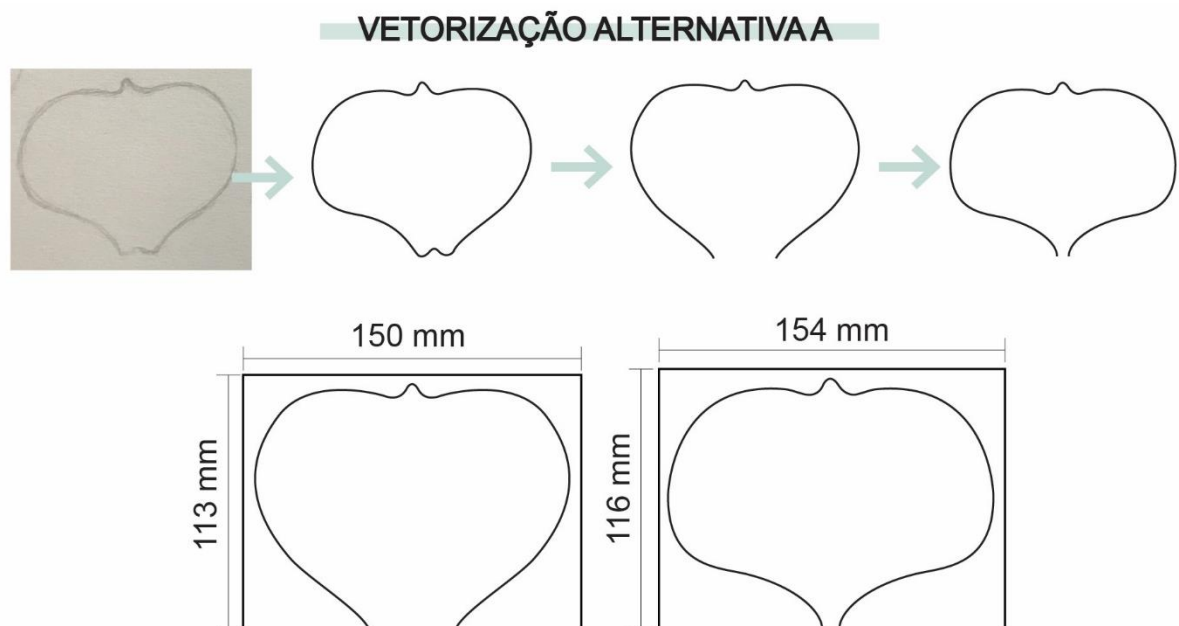
Fonte: imagem obtida pela autora (2019).

Figura 49 - Desenho de observação da amostra do gênero *Zygopetalum*.



Fonte: imagem obtida pela autora (2019).

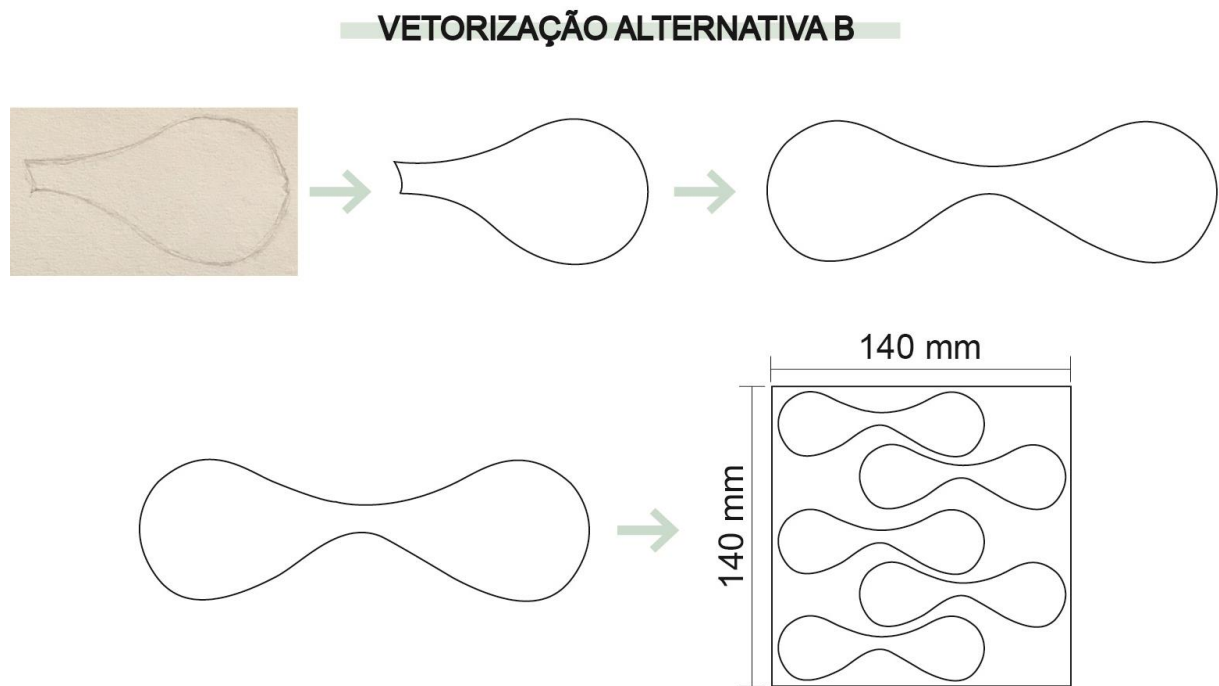
Figura 50 – Finalização e vetorização da alternativa A.



Fonte: imagem obtida pela autora (2019).

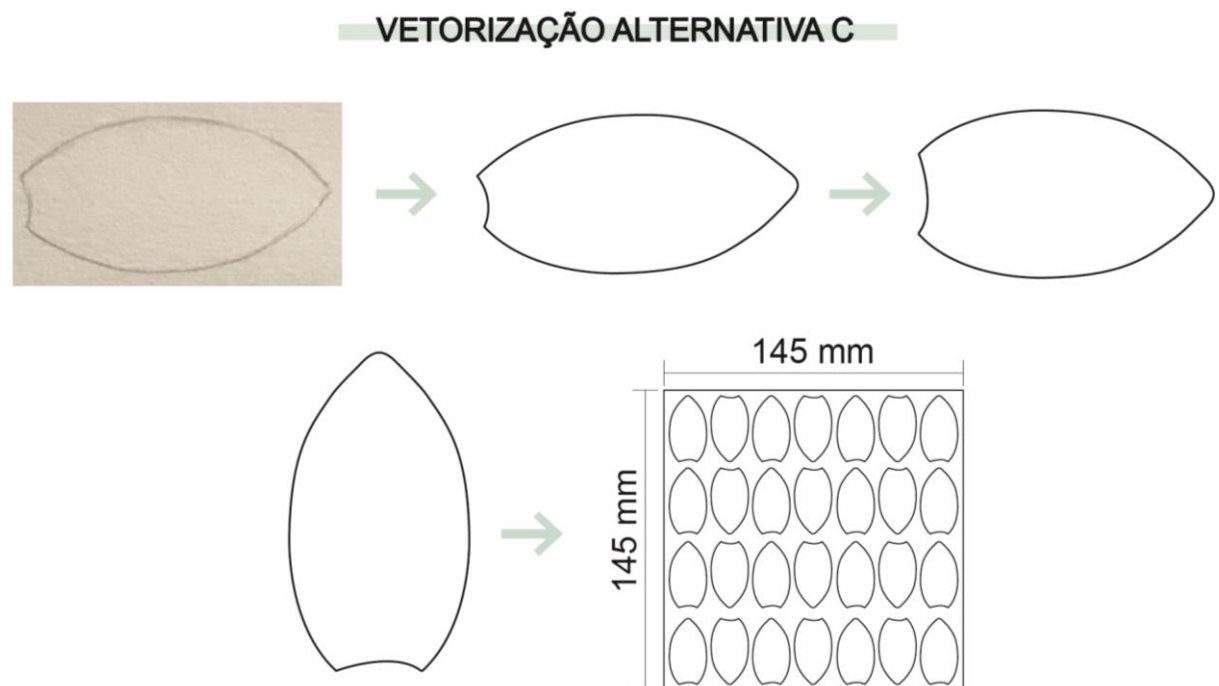


Figura 51 - Finalização e vetorização da alternativa B.



Fonte: imagem obtida pela autora (2019).

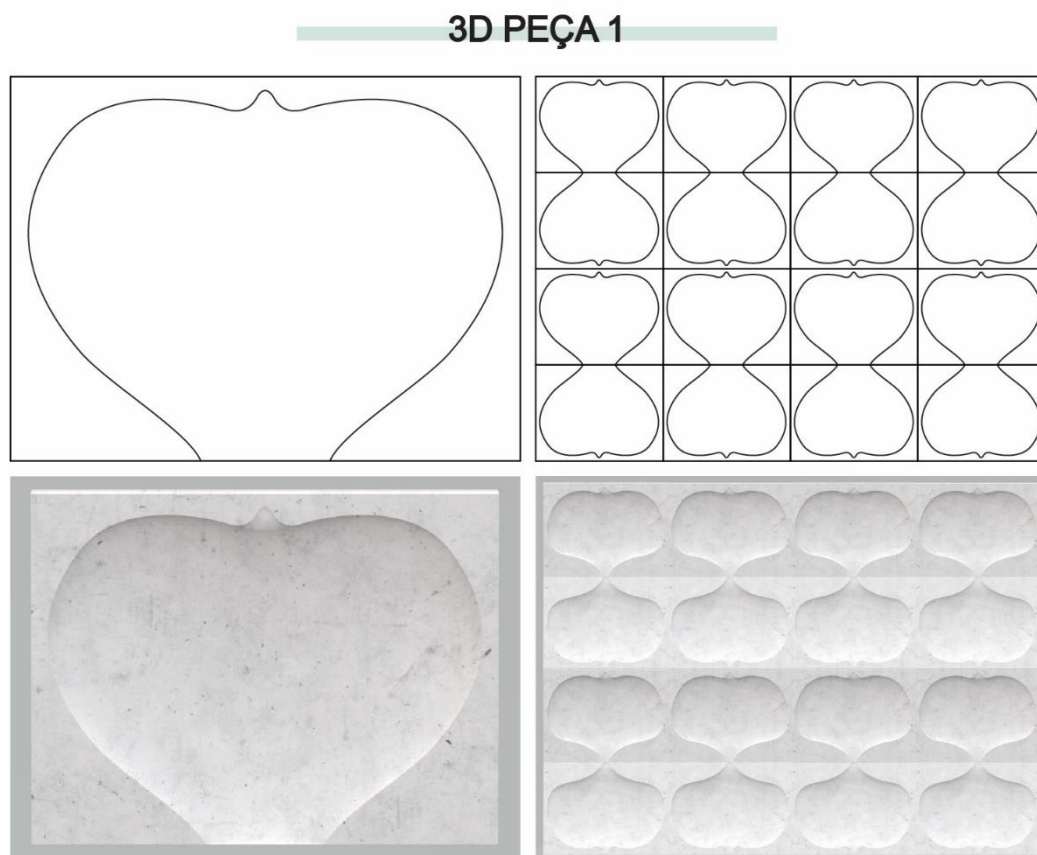
Figura 52 - Finalização e vetorização da alternativa B.



Fonte: imagem elaborada pela autora (2019).

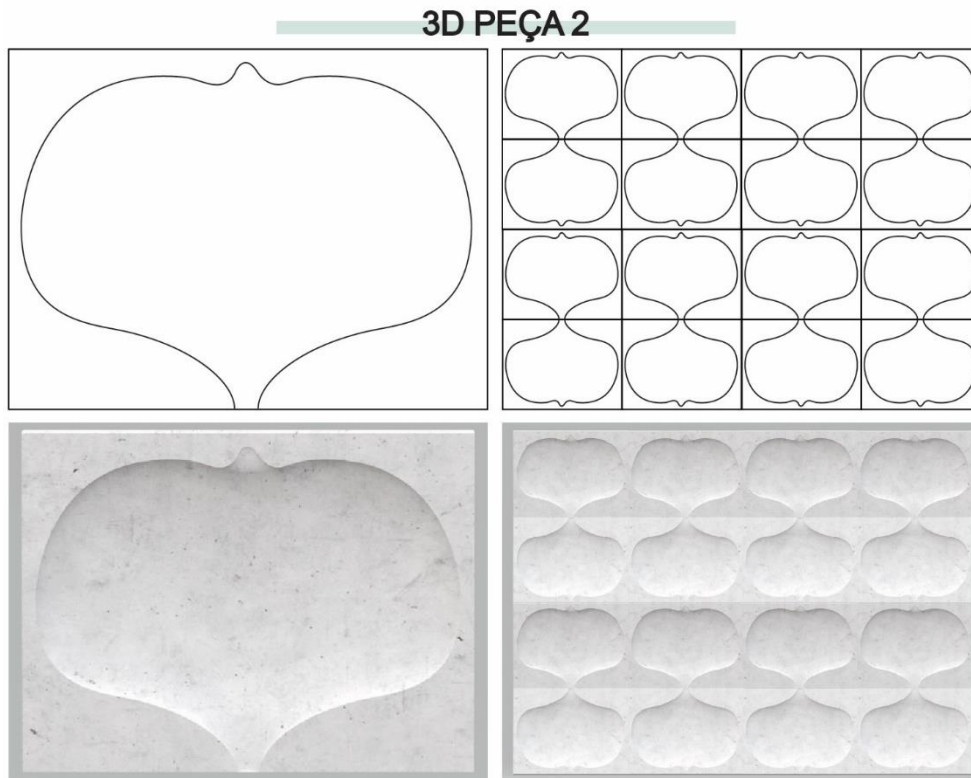
Logo depois, as alternativas vetorizadas foram repetidas formando padronagens, simulando como as mesmas estariam dispostas em uma parede como revestimentos. Em seguida, foram convertidas em peças 3D por meio do *software* Blender (Figura 53. Figura 54 e 55 p. 73 e Figura 56 p. 74). Para cada uma das quatro peças foram seguidos os tamanhos definidos anteriormente na vetorização, sendo estes, 113 mm x 150 mm para a primeira peça, 116 mm x 154 mm para a segunda, 140 mm x 140 mm para a terceira e finalmente, 145 mm x 145 mm para a quarta peça.

Figura 53 - Alternativas finais vetorizadas e conversão para peças em 3D. Peça 1.



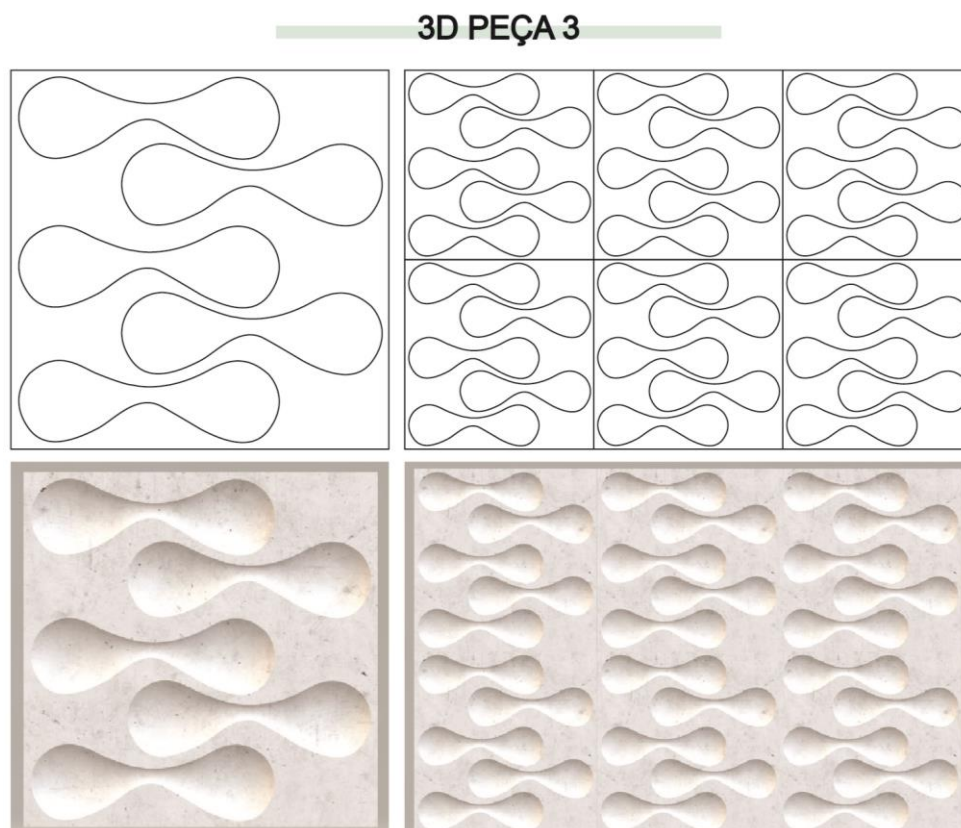
Fonte: imagem elaborada pela autora (2019).

Figura 54 - Alternativas finais vetorizadas e conversão para peças em 3D. Peça 2.



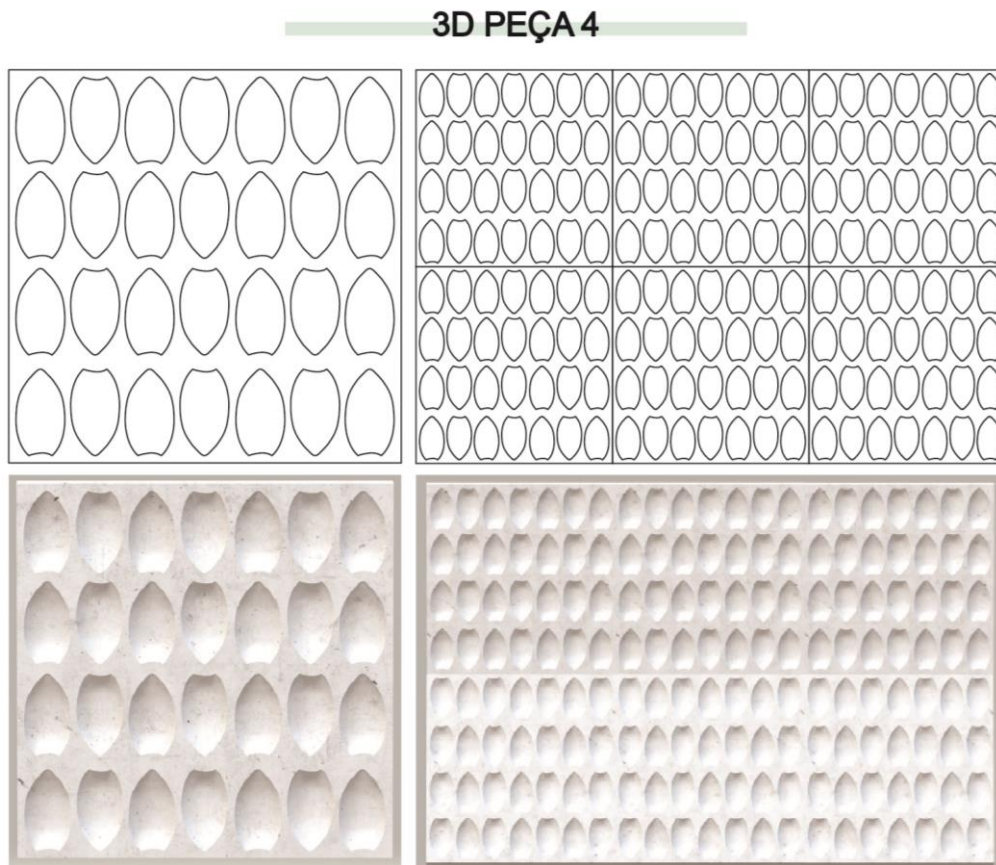
Fonte: imagem elaborada pela autora (2019).

Figura 55 - Alternativas finais vetorizadas e conversão para peças em 3D. Peça 3.



Fonte: imagem elaborada pela autora (2019).

Figura 56 - Alternativas finais vetorizadas e conversão para peças em 3D. Peça 3.

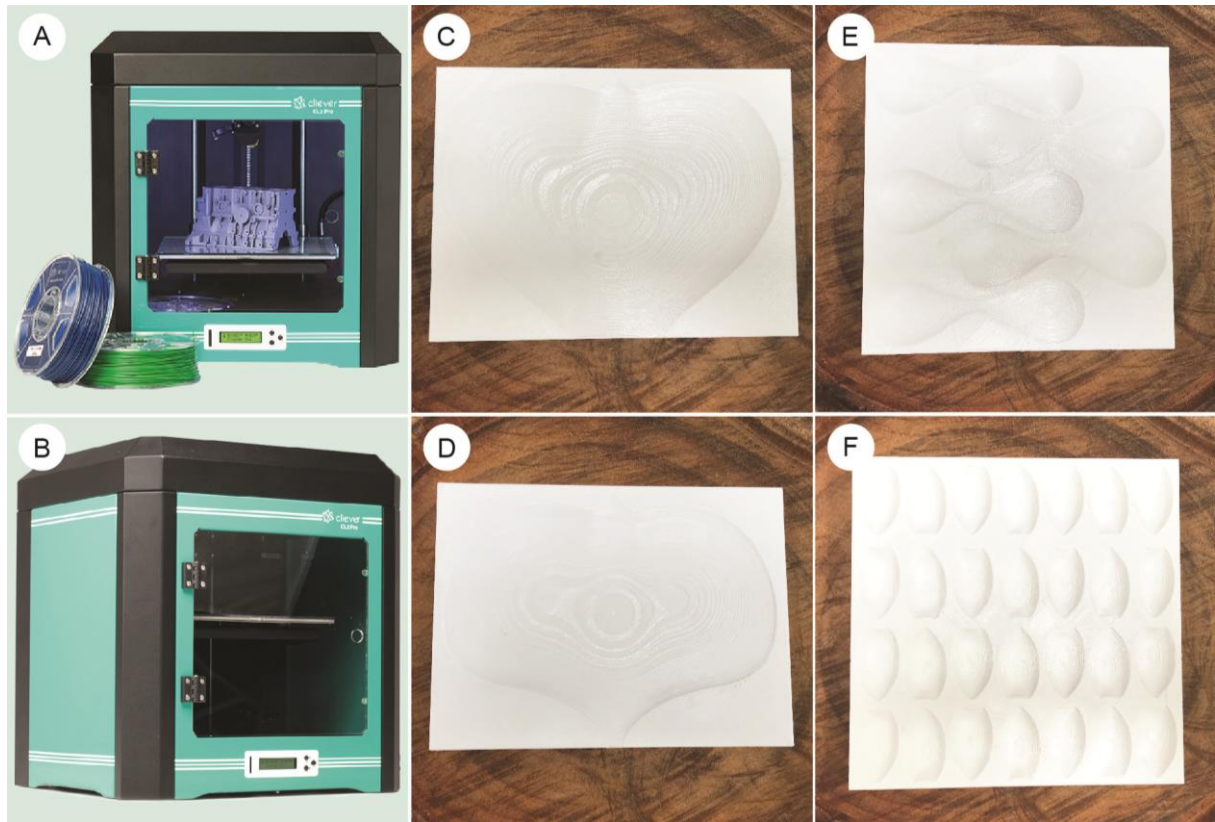


Fonte: imagem elaborada pela autora (2019).

Depois de transformadas em desenhos 3D, as peças foram impressas em impressora 3D CL2 Pro extrusor duplo da marca Cliever, em poliácido láctico - PLA, em média cada uma das peças levou de 8 a 13 horas para finalização (Figura 57, p. 75). Em seguida, as quatro peças impressas em impressora 3D serviram de modelo para molde confeccionado em borracha de silicone azul PS da marca Fiberglass. Para esta etapa, foram confeccionadas caixas com restos de *Medium Density Fiberboard* – MDF, para fixar as peças no fundo e, desta forma, produzir os moldes em borracha de silicone. Após posicionadas as peças, utilizou-se vaselina líquida nas mesmas para facilitar o processo de desmoldagem. A borracha de silicone foi preparada com 30 g de catalizador para 1 kg de borracha de silicone azul PS. A partir desta mistura, o silicone foi derramado nas caixas a uma certa distância com o intuito de evitar a formação de bolhas nos moldes. Os moldes de silicone ficaram prontos após 24 horas de cura (Figura 58, p. 75).

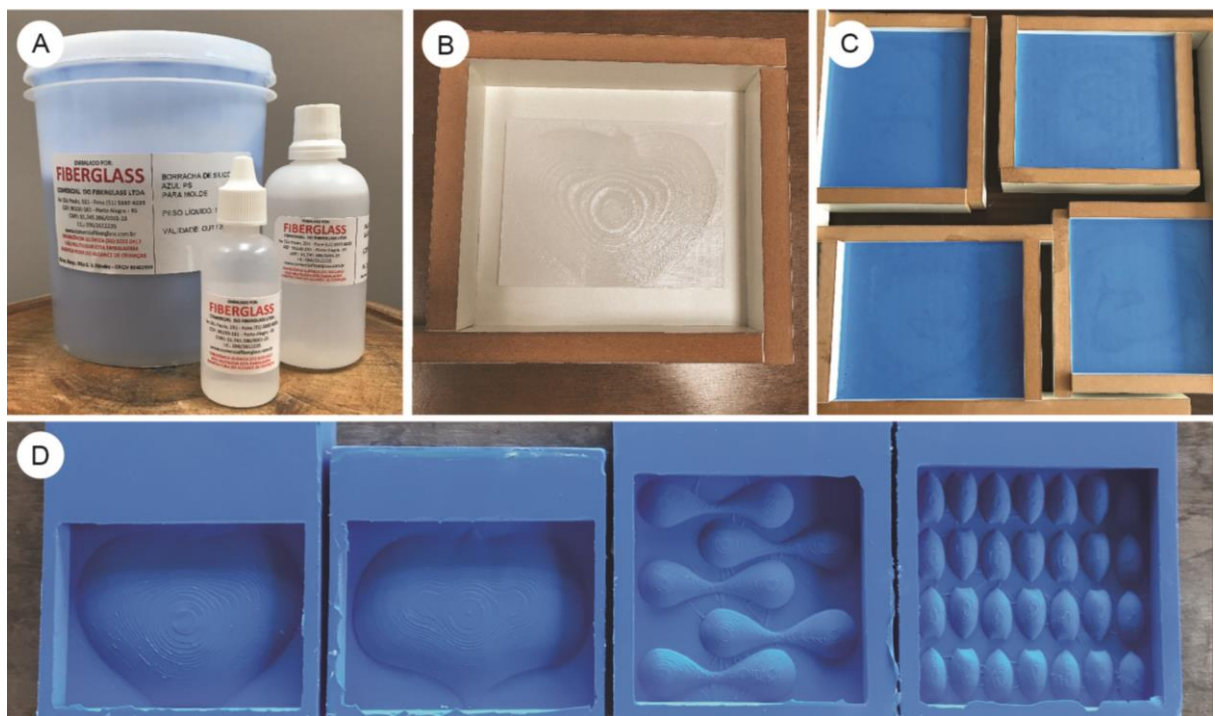


Figura 57 – Impressão das peças em 3D. A e B – impressora 3D CL2 Pro extrusor duplo da marca Clever. C, D, E e F – peças impressas.



Fonte: A e B imagens obtidas de CLIEVER (acesso em 2019). C, D, E e F imagens obtidas pela autora (2019).

Figura 58 - A - borracha de silicone, catalizador e vaselina. B – caixa em mdf e peça 3D. C - silicone derramado nas caixas. D – moldes após 24 horas.

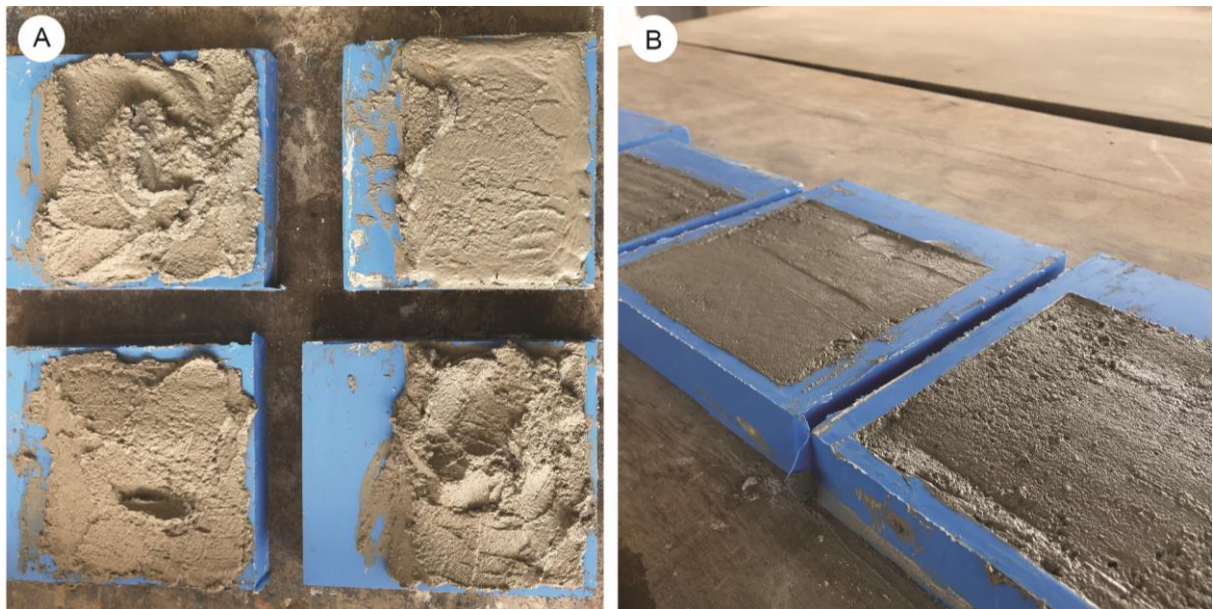


Fonte: imagens obtidas pela autora (2019).

A partir dos moldes de silicone finalizados, a argamassa de traço 1:1:4, composto de cimento, cal hidratada e com substituição da areia por resíduos, em 50%, foi preparada e depositada nos moldes, sempre cobrindo a mais que o nível final, com o intuito de a mistura assentar de maneira homogênea ao serem dispostos na mesa vibratória de adensamento (Figura 59).

Após 5 segundos na mesa de adensamento, os moldes foram nivelados na parte superior e o resultado final obteve-se após 24 horas de cura da argamassa (Figura 60, p. 77). Além disso, foram realizados desenhos técnicos das peças finais (Figura 61 p. 77. Figura 62 e 63 p. 78 e Figura 64 p. 79).

Figura 59 – Reprodução da mistura com substituição da areia por resíduos em 50%. A - misturas na mesa vibratória de adensamento. B - moldes nivelados.



Fonte: imagens obtidas pela autora (2019).

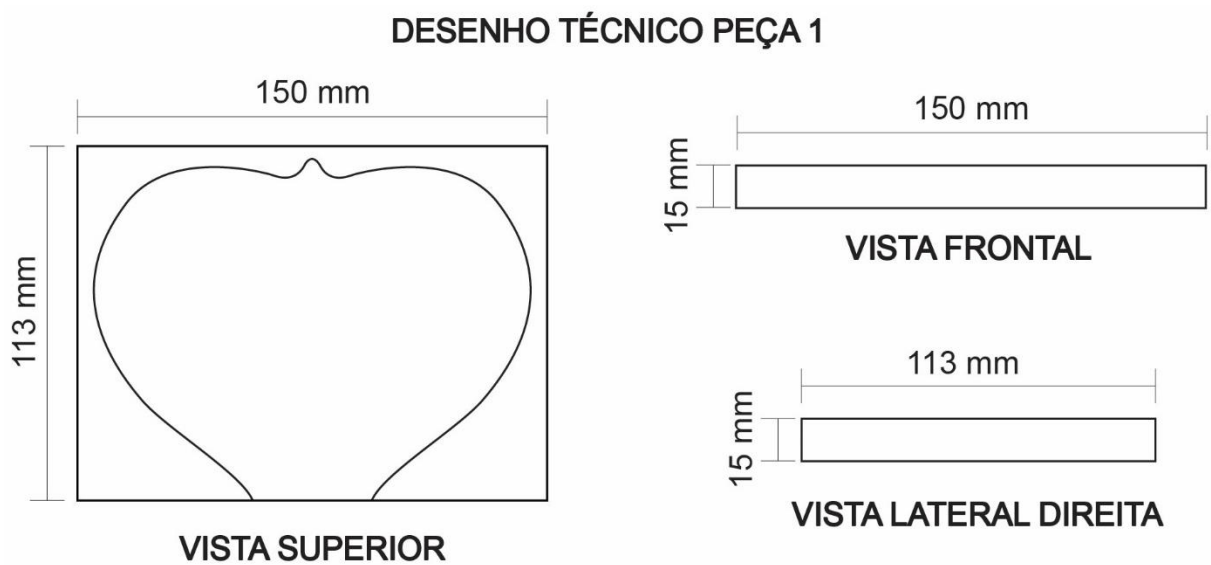


Figura 60 – Revestimentos finalizados.



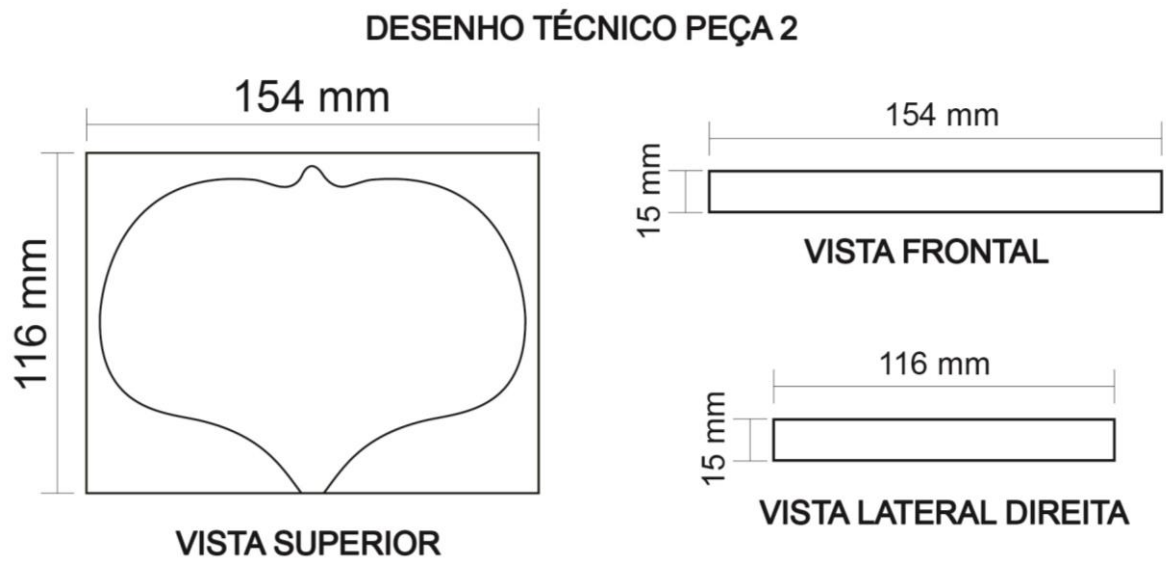
Fonte: imagens obtidas pela autora (2019).

Figura 61 – Desenho técnico peça 1.



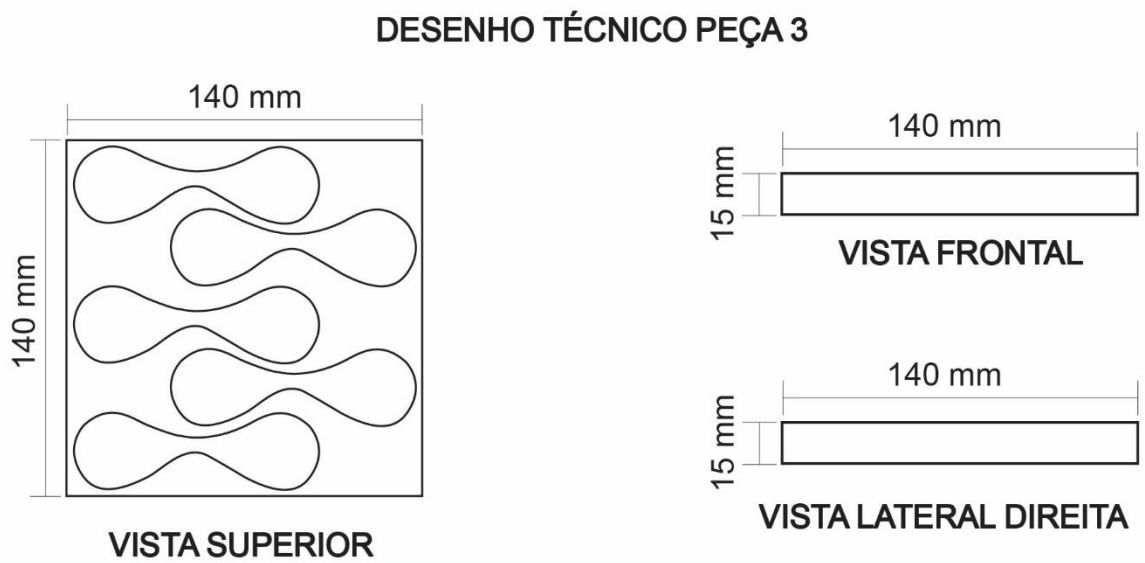
Fonte: elaborado pela autora (2019).

Figura 62 - Desenho técnico peça 2.



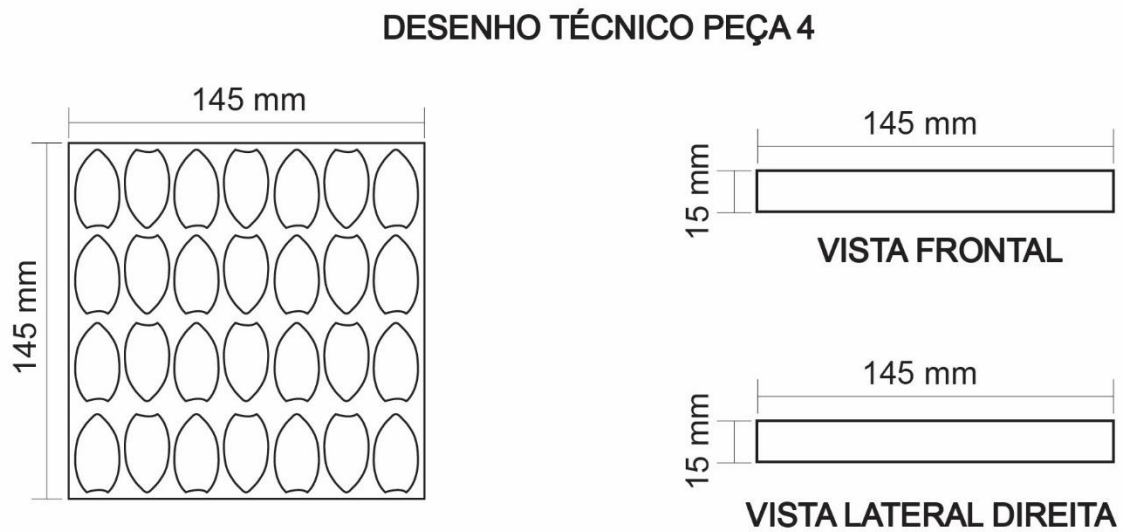
Fonte: elaborado pela autora (2019).

Figura 63 - Desenho técnico peça 3.



Fonte: elaborado pela autora (2019).

Figura 64 - Desenho técnico peça 3.



Fonte: elaborado pela autora (2019).

Estas peças de revestimentos 3D poderão ser utilizadas em futuros projetos em ambientes internos, sendo um destino ecologicamente responsável para os resíduos e também, proporcionando ambientes interessantes e diferenciados.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho abordou o estudo sobre a importância de pensar em medidas sustentáveis, principalmente na área da construção civil e no que diz respeito a reciclagem e reaproveitamento dos resíduos sólidos que são gerados. Efetuou-se também, um estudo sobre argamassas e concretos, seus componentes e, além disso, sobre os resíduos gerados por esta indústria e os possíveis destinos que se pode dar aos mesmos, como por exemplo, o desenvolvimento de novos agregados como os revestimentos decorativos 3D.

Realizou-se também, uma pesquisa sobre o *design* e sustentabilidade, design de superfície e a relação do *design* com a área da construção civil. Além disso, os diversos tipos de revestimentos que existem e os revestimentos que possuem elementos da natureza como fonte de inspiração.

Dessa forma, considera-se que é de grande importância que o designer desenvolva e projete, analisando todas as fases de um produto, visando diminuir os impactos em todo seu ciclo, com processos ecologicamente eficientes e que não agredam o meio ambiente.

Portanto, projetar produtos por meio dos preceitos do Design sustentável, pensando no ciclo e nos impactos que os mesmos podem gerar ou desenvolver e buscando a capacidade de reaproveitamento futuras, representa um enorme avanço.

Os resíduos que são gerados na área da construção civil representam um grande impacto ambiental, sendo a principal área produtora de resíduos em toda sociedade. Por isso, é fundamental que estes resíduos tenham uma correta destinação, podendo ser reutilizados, reduzindo a extração de recursos naturais,



diminuindo a poluição e, além disso, auxiliando na baixa de custos da obra. Assim como o reaproveitamento para novos revestimentos decorativos

No que diz respeito aos materiais analisados, conclui-se que a utilização dos resíduos da construção civil como material para revestimentos decorativos é de grande importância e representa um destino ecologicamente responsável ao resíduo. Os três materiais testados obtiveram bons resultados, no entanto, a mistura com substituição da areia por resíduos em 50% atingiu bons resultados em relação a resistência mecânica, aliada a possibilidade dar um novo destino às argamassas que haviam sido descartadas, sendo assim a melhor opção para o produto final.

Além disso, a utilização da biônica como fonte de solução de problemas e metodologia criativa, foi de grande valor, proporcionando alternativas diversificadas e interessantes para os revestimentos finais.

Durante o processo de elaboração do trabalho algumas questões foram destacadas e analisadas, com o intuito de obter melhores resultados na continuação do mesmo. Com o objetivo de obter um melhor acabamento nos modelos 3D para a confecção dos moldes, sugere-se a usinagem por meio de uma fresadora CNC em polipropileno.

Por fim, com o presente estudo foi possível concluir que o profissional do *design* é interdisciplinar e o mesmo, pode estar inserido em qualquer área do conhecimento, sempre buscando inovar, analisando todas as etapas de concepção de um produto, com sustentabilidade e muita criatividade.

## REFERÊNCIAS:

ABRECON. **Brasileiro produz por ano meia tonelada de resíduos de construção civil**. Disponível em <<https://abrecon.org.br/brasileiro-produz-por-ano-meia-tonelada-de-residuos-de-construcao-civil/>>. Acesso em 22 nov. 2018.

ANTHROPOLOGIE. **Coasters**. Disponível em: <[https://www.anthropologie.com/kitchen-coasters?cm\\_sp=leftnav-\\_-sub\\_category-\\_-home-tabletop-coasters](https://www.anthropologie.com/kitchen-coasters?cm_sp=leftnav-_-sub_category-_-home-tabletop-coasters)> Acesso em: 21 abr. 2019.

ARTE E CORES. **Adesivos decorativos**: papel de parede geométrico – 41. Disponível em: <<https://www.artecores.com.br/papel-de-parede/geometricos1/papel-de-parede-geometrico-41/>> Acesso em: 03 abr. 2019.

\_\_\_\_\_. **O que é entulho?** Disponível em <<https://abrecon.org.br/entulho/o-que-e-entulho/>>. Acesso em 22 nov. 2018.

\_\_\_\_\_. **Manual de ladrilho hidráulico**: Passeio público. São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://solucoesparacidades.com.br/wpcontent/uploads/2012/08/ManualLadrilhoHidraulico.pdf>> Acesso em:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13529**: Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

\_\_\_\_\_. **NBR5732**: Cimento Portland Comum. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.

BLOG EDUK. **Artesanato e ponto**: Cinco temas de decoração para meninos que você vai amar. Disponível em: <<https://www.eduk.com.br/blog-artesanato-e-ponto/cinco-temas-de-decoracao-para-meninos-que-voce-vai-amar/>> Acesso em: 03 abr. 2019.

BROECK, F. V. **Biônica e Design**. Disponível em: <<http://carlosrighi.com.br/177/Bionica/Bionica%20e%20Design%20%20Vanden%20Broeck.pdf>>. Acesso em 20 out. 2018.

BY SIR, Estilo Próprio. **Papel De Parede Diferente**. 2018. Disponível em: <<https://estilopropriobysir.com/2018/10/16/papel-de-parede-diferente/>> Acesso em: 05 abr. 2019.

COMO FAZER EM CASA. **10 Maneiras Lindas para Embalar Presentes de Natal**. 2017. Disponível em: <<https://www.comofazeremcasa.net/10-maneiras-lindas-para-embalar-presentes-de-natal/>> Acesso em: 19 abr. 2019.

COMPETIR; SENAI; SEBRAE; GTZ. **Gestão de resíduos na construção civil: redução, reutilização e reciclagem**. Disponível em: <[http://www.fieb.org.br/Adm/Conteudo/uploads/Livro-GestaodeResiduos\\_id\\_177\\_\\_xbc2901938cc24e5fb98ef2d11ba92fc3\\_269201316585\\_.pdf](http://www.fieb.org.br/Adm/Conteudo/uploads/Livro-GestaodeResiduos_id_177__xbc2901938cc24e5fb98ef2d11ba92fc3_269201316585_.pdf)> Acesso em 18 nov. 2018.

DALLE PIAGGE. **Fotos de Ladrilhos Hidráulicos**. Disponível em: <<http://www.dallepiagge.com.br/fotos-ladrilhos.php>> Disponível em: 09 abr. 2019.

DANINOCE. **Ladrilhos para banheiro**. Disponível em: <<https://www.daninoce.com.br/?s=Ladrilhos+no+banheiro>> Acesso em: 09 abr. 2019.

DAPPER, S. T. H. **Desenvolvimento de textura inspirada no líquen *parmotrema praesorediosum* visando a adesão da argamassa de revestimento em painéis de concreto**. 2013. 100 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

DENIS, R. C. **Uma introdução à história do design**. 17ª edição. São Paulo. Editora Edgard Blucher LTDA, 2000.

ENVATO MARKET. **Photos: Vintage azulejos, traditional Portuguese tiles** – Misc. Disponível em: <<https://photodune.net/item/vintage-azulejos-traditional-portuguese-tiles/9075264>> Acesso em: 22 abr. 2019.

ESPAÇO DE ARQUITETURA. **Aroma: deixe o aroma invadir sua casa**. Disponível em: <<http://espacodearquitetura.com/products/594b711a316ff78704b682f3>> Acesso em: 01 maio 2019.

FAVORITA. **Revestimento 3d em paredes e pisos**. 2016. Disponível em: <<http://favoritaplanejados.com.br/blog/2016/09/07/revestimento-3d-em-paredes-e-pisos/>> Acesso em: 02 abr. 2019.

FIRJAN. **Construção Civil desafios**. Disponível em: <<file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Construcao-Civil-versao-completa.pdf>>. Acesso em: 01 abr. 2019.

FORMICA, Writable Surfaces. **Formica Surface Styles**. Docplayer. Disponível em: <<https://docplayer.fr/47526728-Formica-surface-styles.html>> Acesso em: 02 maio 2019.

FRAGMAQ. **Ecodesign**: Um conceito de criação verde. Disponível em <<https://www.fragmaq.com.br/blog/ecodesign/>>. Acesso em: 18 ago. 2018.

GOMES, Danielle L. B.; MAGALHÃES, Vitória B. de S. **Análise de aspectos e impactos ambientais causados pela construção civil**. CONAPESC III. Disponível em: <[http://www.editorarealize.com.br/revistas/conapesc/trabalhos/TRABALHO\\_EV1\\_07\\_MD1\\_SA28\\_ID407\\_30052018075452.pdf](http://www.editorarealize.com.br/revistas/conapesc/trabalhos/TRABALHO_EV1_07_MD1_SA28_ID407_30052018075452.pdf)>. Acesso em: 02 abr. 2019.

HARMONIA, Decorações e acabamentos. **Revestimento 3D - Linha Semi-Externa**. Disponível em: <[http://www.harmoniadecoracoes.com.br/produtos.php?id\\_produto=827](http://www.harmoniadecoracoes.com.br/produtos.php?id_produto=827)> Acesso em: 07 abr. 2019.

HISTÓRIAS DE CASA. **Sabor mediterrâneo**: cozinha aconchegante com clima de praia. 2017. Disponível em: <<https://www.historiasdecasa.com.br/2016/03/17/cozinha-decoracao-sabor-mediterraneo/#>> Acesso em: 03 abr. 2019.

HOMETEKA. **Revestimentos em relevo: 9 ideias para o seu projeto**. 2014. Disponível em: <<https://www.hometeka.com.br/inspire-se/revestimentos-em-relevo-9-ideias-para-o-seu-projeto/>> Acesso em: 14 abr. 2019.

INSTAGRAM. @2x1zap. **Mix de materiais: pedra, madeirado, azulejos decorativos, metal e madeira**. Disponível em: <<https://www.instagram.com/p/BcswbnrA3k2/>> Acesso em: 20abr. 2019.

\_\_\_\_\_. @maskirevestimentos. Disponível em: <<https://www.instagram.com/p/BjVGMR-hxga/>> Acesso em: 11 abr. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Avaliação do ciclo de vida**. Disponível em: <<http://acv.ibict.br/acv/o-que-e-o-acv/>> Acesso em: 12 abr. 2019.

JUNIOR, W. K.; GUANABARA, A. S. **Methodology for product design based on the study of bionics**. Elsevier, Materials and Design 26 (2005) 149–155. Disponível em: <<https://www.journals.elsevier.com/materials-and-design>> Acesso em: 19 abr. 2019.

LARUCCIA, Mauro M. **Sustentabilidade e impactos ambientais da construção civil**. Disponível em: <<file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-SustentabilidadeEIImpactosAmbientaisDaConstrucaoCiv-5261066.pdf>>. Acesso em: 17 abr. 2019.

MERCADO LIVRE. **Decoração**: Revestimento 3d Veneza 50x50. Disponível em: <[https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-803238344-revestimento-3d-veneza-50x50-\\_JM?quantity=1](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-803238344-revestimento-3d-veneza-50x50-_JM?quantity=1)> Acesso em: 03 abr. 2019.

MICHELIS, Mauro H. **Avaliação da aplicação de conceitos do lean construction no planejamento e gestão de uma obra residencial multipavimentos em**

**Curitiba** – **PR.** Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1046/1/CT\\_EPC\\_2012\\_2\\_07.PDF](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1046/1/CT_EPC_2012_2_07.PDF)>. Acesso em: 27 abr. 2019.

MIKHAILOVA, Irina. **Sustentabilidade:** evolução dos conceitos teóricos e os problemas da mensuração prática. Revista Economia e Desenvolvimento, nº 16, 2004. Disponível em: <[http://w3.ufsm.br/depcie/arquivos/artigo/ii\\_sustentabilidade.pdf](http://w3.ufsm.br/depcie/arquivos/artigo/ii_sustentabilidade.pdf)> Acesso em: 14 abr. 2019.

MORÉ. F. T. **Tendência:** o charme do azulejo na decoração. FTC. Disponível em: <<https://followthecolours.com.br/follow-decora/tendencia-azulejo-decoracao/>> Acesso em: 20 abr. 2019.

PAZMINO, A. V. **Uma reflexão sobre Design Social, Eco Design e Design Sustentável.** I Simpósio Brasileiro de Design Sustentável Curitiba, 4-6 de setembro de 2007. Disponível em: <<http://naolab.nexodesign.com.br/wp-content/uploads/2012/03/PAZMINO2007-DSocial-EcoD-e-DSustentavel.pdf>> Acesso em: 11 abr. 2019.

PINTEREST. **Home Idea | Founder Dani Porto on Instagram:** “Aquele painel de te que “rouba a cena”. Amei! - Projeto Only Interiores. DISPONÍVEL EM: <<https://br.pinterest.com/pin/697283954783351820/>> Acesso em: 11 abr. 2019.

PLATCHECK, E. R. **Design industrial:** metodologia de ecodesign para o desenvolvimento de produtos sustentáveis. Editora Atlas, 2012.

PORTAL DO CONCRETO. **Tipos de concreto.** Disponível em: <<https://www.portaldoconcreto.com.br/concreto>> Acesso em: 15 maio 2019.

PORTLAND, Associação Brasileira De Cimento. **Manual de revestimentos de argamassas.** Disponível em: <<http://www.comunidade-da-construcao.com.br/upload/ativos/279/anexo/ativosmanu.pdf>>. Acesso em 20 nov. 2018.

PORTO DESIGN. **Coleção Art Deco Cathedral Bronze.** Disponível em: <<https://www.portodesign.com.br/art-deco-catedral-bronze-27x27/>> Acesso em: 15 abr. 2019.

PORTOBELLO, Archtrends. **Revestimento de pastilha:** Detalhes que fazem a diferença. 2017. Disponível em: <<https://archtrends.com/blog/revestimento-de-pastilha/>> Acesso em: 13 abr. 2019.

PORTOBELLO. **Coleção 2019.** Disponível em: <<https://www.portobello.com.br/colecao-2019>> Acesso em: 22 abr. 2019.

PORTOBELLO. **Tudo sobre revestimento cerâmico.** 2016. Disponível em: <<https://archtrends.com/blog/tudo-sobre-revestimento-ceramico/>> Acesso em: 11 abr. 2019.

QUINTELA, E. J. A. M. **Desenvolvimento sustentável passado o século XX: estabelecimento de parâmetros de educação.** Facultad de Bellas-Artes de San Carlos. Departamento de Dibujo, 2015. Disponível em: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/54115/ALVES%20%20DESENVOLVIMENTO%20SUSTENTÁVEL%20PASSADO%20O%20SÉCULO%20XX%3A%20ESTABLECIMIENTO%20DE%20PARÂMETROS%20DE%20APLICACIÓN.pdf?sequence=1> > Acesso em: 15 abr. 2019.

RECENA, F. A. P. **Conhecendo argamassa.** Porto Alegre:EDPUCRS, 2008.

RUTHSCHILLING, E. A. **Design de superfície.** Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2008. 101 p.

SANTOS, A.; AGUIRRE, D.; CANALLI, N. **O ciclo de vida das edificações.** 2º Fórum de desempenho das edificações. IMED. 2016. Disponível em: <[https://www.imed.edu.br/Uploads/5\\_SICS\\_paper\\_44\\_version\\_1.pdf](https://www.imed.edu.br/Uploads/5_SICS_paper_44_version_1.pdf)> Acesso em: 02 maio 2019.

SANTOS, J. O.; BATISTA, O. H. S.; SOUZA, J. K. S.; LIMA, C. T.; SANTOS, J. R.; MARINHO, A. A. **Resíduos da indústria da construção civil e o seu processo de reciclagem para minimização dos impactos ambientais.** Ciências exatas e tecnológicas, Maceió, v. 1, n.1, p. 73-84, maio 2014. Disponível em: <[periodicos.set.edu.br](http://periodicos.set.edu.br)> Acesso em: 14 abr. 2019.

SIENGE. **Tudo sobre os resíduos sólidos da construção civil.** Disponível em <<https://www.sienge.com.br/blog/residuos-solidos-da-construcao-civil/>>. Acesso em 18 nov. 2018.

SITONDESIGN. Catálogos. **25 Algues des frères Bouroullec.** Disponível em: <<https://www.sitondesign.com/fr/catalog/25-algues-des-freres-bouroullec~d2d628d1-195b-6f0c-a0c9-39de5fe57fd0>> Acesso em: 20 abr. 2019.

UNISTYLE. **Processo de produção:** tecidos. Disponível em: <<http://www.unistyle.pt/tecidos.php>> Acesso em: 20 abr. 2019.

WWF-BRASIL. **O que é desenvolvimento sustentável?** Disponível em: <[https://www.wwf.org.br/natureza\\_brasileira/questoes\\_ambientais/desenvolvimento\\_sustentavel/](https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/desenvolvimento_sustentavel/)> Acesso em: 15 abr. 2019.

CLIEVER. **Impressora 3D CL2 PRO.** Disponível em: <<https://store.cliever.com/impressoras-3d/impressora-3d-cl2-pro/>> Acesso em: 17 nov. 19.



## **APÊNDICE A – METODOLOGIA E RESULTADOS DOS ENSAIOS PRELIMINARES**

## METODOLOGIA

Após a análise dos dados levantados no capítulo anterior do referencial teórico, foi elaborado um estudo preliminar, para a definição do tipo de cimento utilizado posteriormente no programa experimental e, além disso, na definição do material da fôrma com o intuito de proporcionar estrutura e acabamento interessantes para os revestimentos decorativos.

### Estudo preliminar

A primeira fase abrangeu ensaios preliminares para escolha do tipo de cimento, e além disso, a seleção do material da fôrma com o intuito de proporcionar estrutura e acabamento interessantes para o produto final, o revestimento decorativo. O desenvolvimento das argamassas envolveu algumas etapas de acordo com Buttler (2003), Miranda (2005) e Neno (2010): pesagem dos materiais que serão utilizados, imprimação<sup>7</sup> da betoneira e do carrinho de mão, mistura em betoneira inicialmente, apenas com o agregado e uma parcela da água. Para o presente trabalho a mistura da argamassa seguiu as etapas (Figura 1, p. 88): determinação do traço e pesagem dos materiais, mistura em um recipiente polimérico e outro de aço com o auxílio de uma espátula ovalada, inclusão da água em parcelas e por fim a passagem da argamassa para as fôrmas.

---

<sup>7</sup> Consiste na aplicação de camada de material betuminoso (cal) sobre a superfície de base granular concluída, antes da execução de um revestimento betuminoso qualquer.

Figura 1 – Etapas do processo de desenvolvimento das argamassas.



Fonte: imagem obtida pela autora (2018).

### **Materiais utilizados**

Para o presente estudo, foi definido o traço da argamassa em 1:1:4, na qual a proporção dos materiais correspondeu em sequência as quantias de cimento, cal hidratada e areia. Em relação as fôrmas, foram testadas e analisadas duas superfícies com materiais diferentes, sendo uma delas composta de silicone e a outra de polipropileno (Figura 2, p. 89). O primeiro material utilizado para os ensaios preliminares foi o cimento, do qual foram selecionados dois tipos, sendo o primeiro o cimento Portland CP IV da marca Votoran, e o segundo, o cimento Portland CP V da marca Itambé.

Além disso, cal hidratada especial para acabamentos do tipo CH-II da marca DB. Utilizou-se também, areia natural de densidade fina e água potável (Figura 3, p. 89). Ainda no que diz respeito aos materiais, foi utilizada uma balança do modelo Prix 3 Plus para pesagem de todos materiais para compor a mistura, da marca Toledo e um recipiente polimérico da marca Sanremo com capacidade de 4,5 l, para auxiliar na pesagem (Figura 4, p. 90). Outro recipiente de aço e um polimérico da marca Arqplast com capacidade de 12 l foram utilizados para mistura dos materiais e uma espátula ovalada (Figura 5, p. 90).

Figura 2 - Fôrmas utilizadas para os ensaios preliminares. A - fôrmas de polipropileno e B - fôrmas de silicone.



Fonte: imagens obtidas pela autora (2018).

Figura 3 - Materiais utilizados para a mistura das argamassas. A - cimento Portland CP IV da marca Votoran. B - cimento Portland CP V da marca Itambé. C - cal hidratada especial para acabamentos do tipo CH-II da marca DB. D - areia natural.



Fonte: imagens obtidas pela autora (2018).

Figura 4 – A - balança utilizada para pesagem dos materiais. B - recipiente utilizado para pesagem dos materiais.



Fonte: imagens obtidas pela autora (2018).

Figura 5 - Materiais utilizados para mistura da argamassa. A - recipiente de aço e espátula oval. B - recipiente polimérico.



Fonte: imagens obtidas pela autora (2018).

### 3.1.2 Processo de preparação dos ensaios preliminares

O processo de preparação das argamassas para a realização dos ensaios preliminares foi dividido em duas fases, na qual, na primeira realizou-se o teste com o cimento Portland CP IV. Inicialmente, todos os materiais foram pesados com o auxílio de uma balança e um recipiente polimérico, o qual foi descontado o peso para que somente permanecesse o peso de cada material utilizado na mistura (Figura 6, p. 91). Sendo assim, a primeira mistura foi formada por 2 kg de cimento Portland CP IV, 500 g de cal hidratada especial para acabamentos do tipo CH-II, 7,5 kg de areia natural de densidade fina e pôr fim a água potável foi sendo adicionada a mistura até a mesma tornar-se homogênea e consistente (Figura 7, p. 92).



Já a segunda mistura, foi formada por 2 kg de cimento Portland CP V, 500 g de cal hidratada especial para acabamentos do tipo CH-II, 7,5 kg de areia natural de densidade fina e pôr fim, do mesmo modo que a primeira mistura, a água potável foi sendo adicionada até a argamassa tornar-se homogênea e consistente (Figura 8, p. 92). As duas argamassas foram preparadas manualmente em um recipiente polimérico canelado de 12 l com a ajuda de uma espátula ovalada. Após finalizadas, ambas misturas foram colocadas nas fôrmas de silicone e nas fôrmas de polipropileno e apoiadas em uma base para estabilizá-las. Além disso, as fôrmas foram envolvidas com uma camada de plástico filme com o intuito de diminuir a perda da água durante o processo de endurecimento (Figura 9, p. 93).

Figura 6 - Pesagem dos materiais. A e B tara do recipiente. C e D pesagem dos materiais. E pesagem do cimento. F pesagem da cal hidratada. G pesagem da areia.

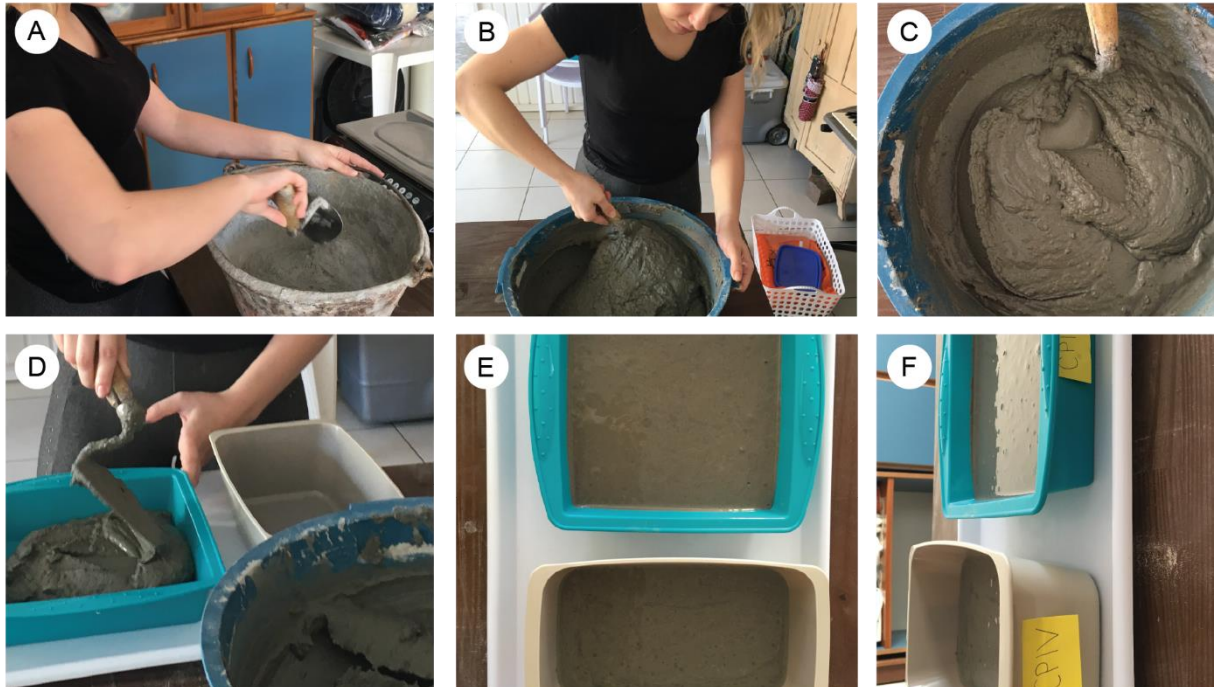


Fonte: imagens obtidas pela autora (2018).



Figura 7 - A, B e C preparação da primeira argamassa com cimento CP IV. D, E e F passagem da mistura para as fôrmas.

MISTURA 1: ARGAMASSA CIMENTO CP IV



Fonte: imagens obtidas pela autora (2018).

Figura 8 – A, B e C preparação da segunda argamassa com cimento CP V. D, E e F passagem da mistura para as fôrmas.

MISTURA 2: ARGAMASSA CIMENTO CP V



Fonte: imagens obtidas pela autora (2018).

Figura 9 - Plástico filme nas fôrmas com o intuito de diminuir a perda da água durante o processo de endurecimento.



Fonte: imagens obtidas pela autora (2018).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos ensaios preliminares desenvolvidos no capítulo anterior, referente a materiais e métodos, realizaram-se testes através de dois tipos de cimento, sendo estes, cimentos Portland CP IV e cimento Portland CP V, em misturas de argamassa compostas de cimento, cal hidratada, areia e água. Além disso, duas superfícies com materiais diferentes foram testadas com o intuito de selecionar a que proporcione melhor estrutura e acabamento interessantes para o produto final. Posteriormente a estes ensaios, as argamassas passaram por um processo de endurecimento, logo, foram desenhadas após 48 horas e o resultado final foi analisado 28 dias depois. Além disso, em visita da obra, os resíduos foram coletados, classificados e pesados. Os resultados e escolhas estão apresentados e observados neste capítulo.

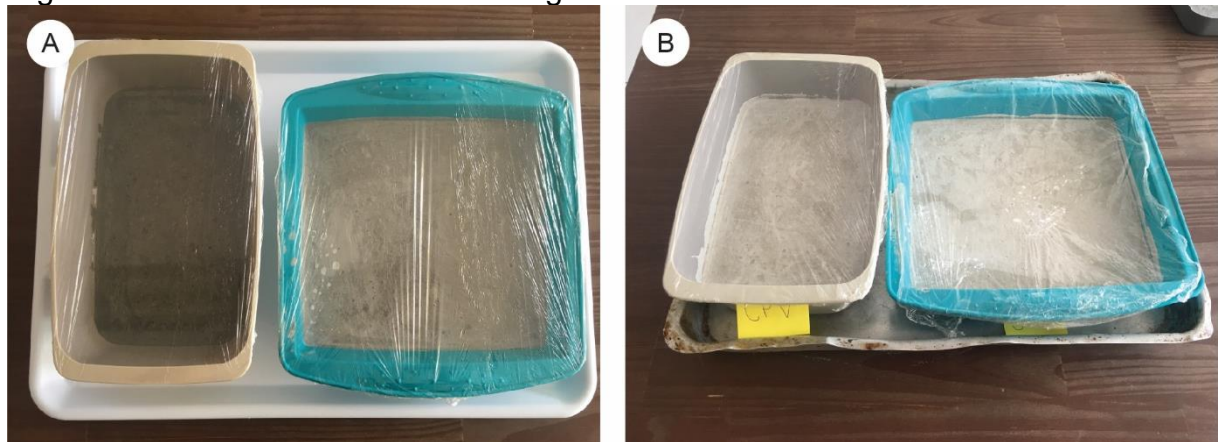
### 4.1 Resultados dos ensaios preliminares

Após 48 horas, as argamassas foram desmoldadas (Figuras 10 e 11, p. 95). Em relação as fôrmas, ambas auxiliaram de maneira fácil e prática este processo, sem maiores dificuldades, perdas ou quebras. No entanto, a superfície de silicone passou por este processo de maneira mais eficiente devido a maleabilidade deste material (Figura 12, p. 96).

Em relação aos moldes de argamassa, logo após desmoldados, algumas análises foram feitas para escolha do cimento mais adequado para o projeto (Figura 13, p. 96; figuras 14, 15, p. 97 e 16, p. 98). O cimento Portland CP IV demorou um tempo maior para endurecer e secar em relação ao cimento Portland CP V. No que

diz respeito as cores, a primeira argamassa ficou com uma cor mais escura e acinzentada, enquanto a segunda ficou com tons mais claros. Nas fôrmas de silicone não foram notadas grandes diferenças em relação as texturas, no entanto, nas formas de polipropileno a mistura com cimento CP IV ficou com uma textura mais porosa, enquanto a mistura com cimento CP V ficou com textura brilhosa e lisa. O CP IV adaptou-se melhor aos detalhes e formas das superfícies.

Figura 10 - Argamassas após 48 horas do processo de endurecimento. A - argamassa com cimento CP IV. B - argamassa com cimento CP V.



Fonte: imagens obtidas pela autora (2018).

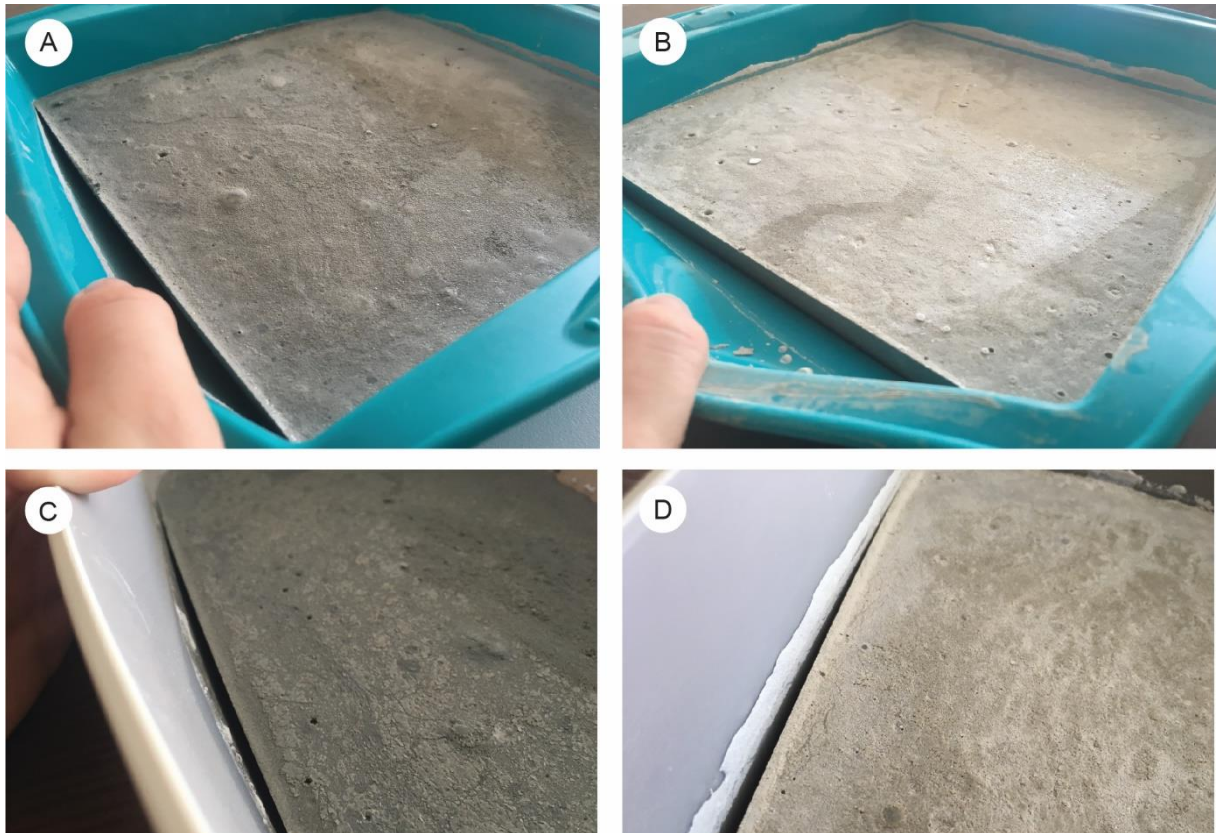
Figura 11 - Argamassas após 48 horas do processo de endurecimento. A - forma de silicone com mistura de cimento CP IV. B - forma de silicone com mistura de cimento CP V. C - forma de polipropileno com mistura de cimento CP IV. D - forma de polipropileno com mistura de cimento CP V.



Fonte: imagens obtidas pela autora (2018).



Figura 12 - Análise das formas e materiais utilizados. A - forma de silicone com mistura de cimento CP IV. B - forma de silicone com mistura de cimento CP V. C - forma de polipropileno com mistura de cimento CP IV. D - forma de polipropileno com mistura de cimento CP V.



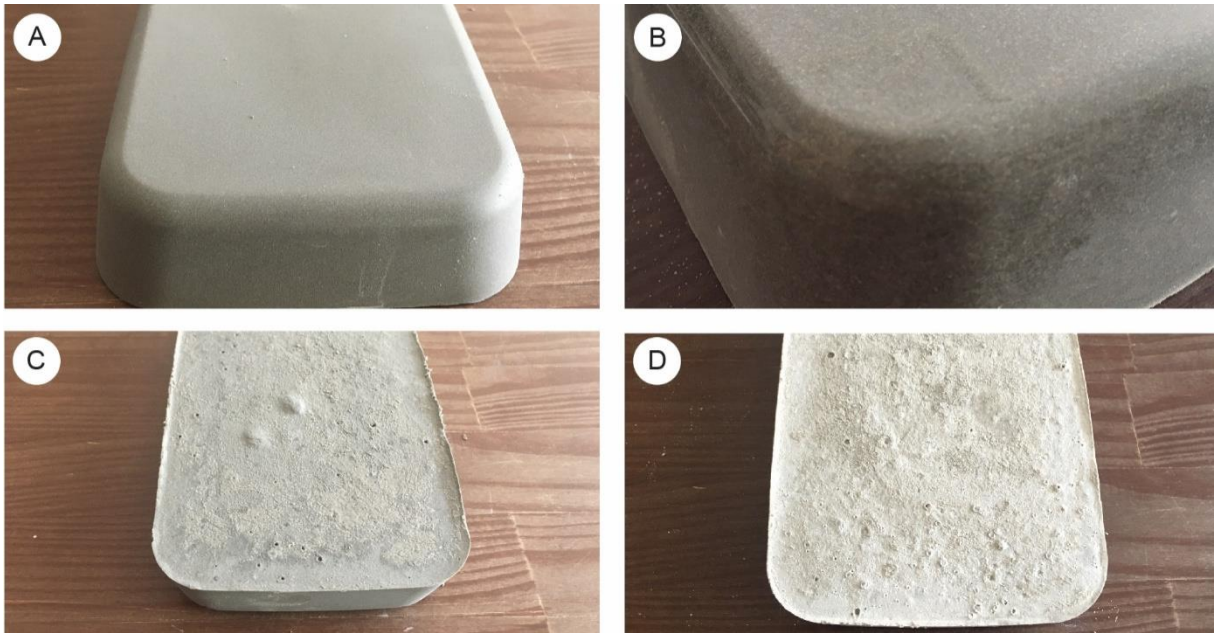
Fonte: imagens obtidas pela autora (2018).

Figura 13 - Argamassas desenformadas da forma de silicone. A - mistura de cimento CP IV. B - mistura de cimento CP V. C - mistura de cimento CP IV. D - mistura de cimento CP V.



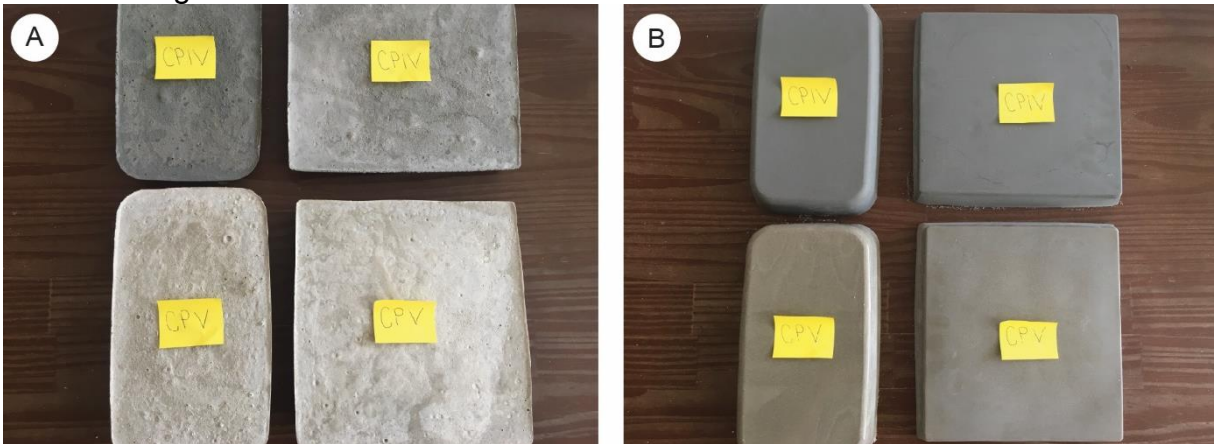
Fonte: imagens obtidas pela autora (2018).

Figura 14 - Argamassas desenformadas da forma de polipropileno. A - mistura de cimento CP IV. B - mistura de cimento CP V. C - mistura de cimento CP IV. D - mistura de cimento CP V.



Fonte: imagens obtidas pela autora (2018).

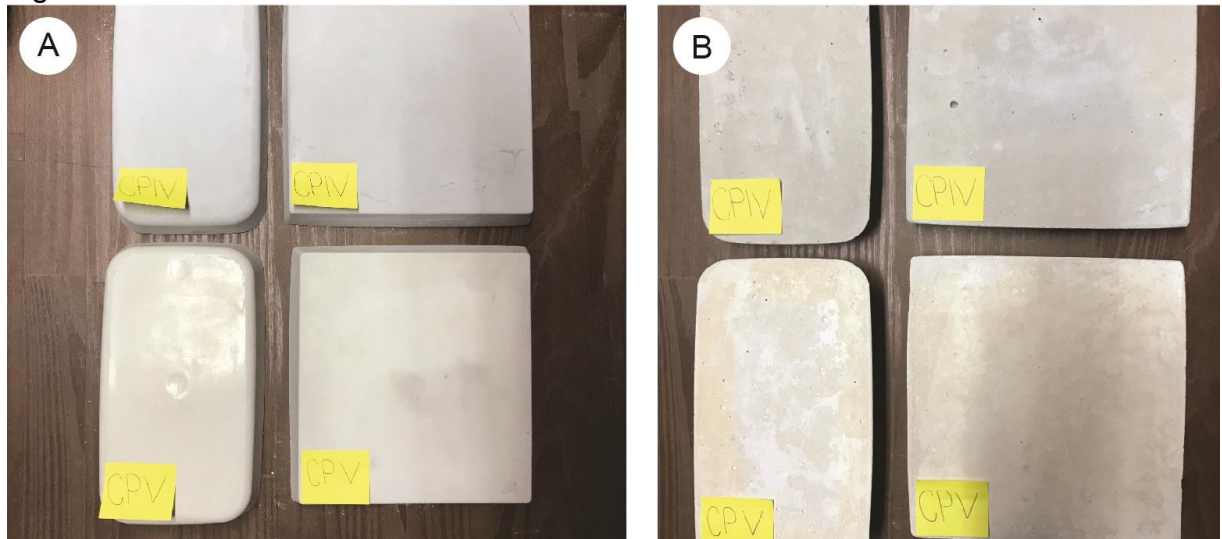
Figura 15 - Argamassas finalizadas e desenformadas. A - frente das argamassas. B - atrás das argamassas.



Fonte: imagens obtidas pela autora (2018).



Figura 16 – Argamassas após 28 dias. A - frente das argamassas. B - atrás das argamassas.



Fonte: imagens obtidas pela autora (2018).